DIE FEUERWERKEREI; ODER, DIE FABRIKATION DER...

August Eschenbacher

Digitized by Google

ANNEX

Digitized by Google

ANNEX

Digitized by Google

Digitized by Google

ANNEX

(Eschenbacher)

3-VOG

Digitized by Google

Die

Feuerwerkerei

oder die

Fabrikation der Feuerwerkskörper.

Eine Darstellung

der gesammten Pyrotechnik, enthaltend die vorzüglichsten Vorschriften zur Anfertigung sämmtlicher Feuerwerksobjecte, als aller Arten von Leuchtfeuern, Sternen, Leuchtkugeln, Raketen, der Luft- und Wasser-Feuerwerke, sowie einen Abriß der für den Feuerwerker wichtigen Grundlehren der Chemie.

Für Dilettanten und Pyrotechniker leichtfaßlich dargestellt

von

August Eschenbacher,

Chemiker und Pyrotechniker.

Mit 26 erläuternden Abbildungen.

N.Y. Free Circulating Library.
BRANCH,
West 42nd St.

Wien. Pest. Leipzig.

A. Hartleben's Verlag.

1876.

(Alle Rechte vorbehalten.)

Digitized by Google

THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY
543315
ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS.
R. 1912 L

Druck von Friedrich Jasper in Wien.

Digitized by Google

G. 662
E.

Inhalt.

Seite

I. Zur Geschichte der Feuerwerkskunst 1

II. Die Feuerwerkerei im Allgemeinen 4
Der Verbrennungsproceß 5.

III. Pyrotechnische Chemie 15
Die in der Pyrotechnik verwendeten Chemikalien 18
A. Unorganische Verbindungen 18. — Die Salzsäure 18. — Die englische Schwefelsäure 19. — Die Salpetersäure 19. Der Salpeter 21. — Der Schwefel 23. — Der Kohlenstoff 25. — Das Schießpulver 30. — Die Fabrikation des Schießpulvers 32. — Die Aufbewahrung des Schießpulvers 35. — Die Eigenschaften des Schießpulvers 35. — Das Chlor 39. — Die chlorsauren Salze oder die Chlorate 40. — Kalium-Chlorat 41. — Phosphor 46. — Kalium-Verbindungen 47. — Kalium-Sulfat 47. — Weinsaures Kali 48. — Natrium-Verbindungen 48. — Natrium-Carbonat 48. — Natrium-Nitrat 49. — Natrium-Chlorat 49. — Natrium-Oxalat 49. — Natrium-Borat und die Borsäure 49. — Lithium-Verbindungen 50. — Ammonverbindungen 51. — Chlorammon 51. — Ammon-Sulfat 51. — Calcium-Verbindungen 51. — Aluminium-Verbindungen 52. — Barium-Verbindungen 53. — Barium-Nitrat 54. — Barium-Chlorat 54. — Strontium-Verbindungen 55. — Chlor-Strontium 56. — Strontium-Nitrat 56. — Strontium-Carbonat 56. — Eisen 56. — Mangan-Verbindungen 57. — Nickel-Verbindungen 58. — Nickel-Nitrat 58. — Nickelglas 59. — Kobalt-Verbindungen 59. — Zinkverbindungen 60. — Zink 60. — Zink-Sulfat 61. — Wismuth-Verbindungen 61. — Wismuth-Nitrat 62. — Wismuthoxyd 62. — Antimon-Verbindungen 62. — Antimon 62. — Antimon-Sulfid 63. — Arsen-Verbindungen 64. — Realgar 64. — Auripigment 64. — Zinn-

Digitized by Google

Sei

verbindungen 65. — Blei-Verbindungen 65. — Mennige 65. — Bleiglätte 66. — Blei-Nitrat 66. — Kupfer-Verbindungen 66. — Kupfer-Metall 66. — Kupfer-Sulfat 67. — Kupfer-Sulfid 67. — Kupfer-Carbonat 68. — Kupfer-Chlorid 68. — Kupferammon-Sulfat 68. — Kupfer-Nitrat 69. — Kupferammon-Nitrat 69. — Kupfer-Sulfat 69. — Kupfer-Phosphat 70. — Kupfer-Arsenat 70. — Quecksilber-Verbindungen 70. — Chlor-Quecksilber 71. — Chlor-Quecksilber-Chlorammon 71. — Quecksilber-Sulfid 71.

B. Organische Verbindungen 72. — Die Schießbaumwolle 72. — Pikrinsaure Salze 75.

IV. Von den in der Pyrotechnik verwendeten Materialien 7

Weingeist 77. — Die Oele 78. — Die Harze 79. — Materialien zur Anfertigung der Hülsen für Feuerwerkskörper 80. — Die Klebemittel 80. — Mittel zum Schutze der Hülsen gegen das Verbrennen 81. — Das Wasserglas 82. — Der Kautschuk-Firniß 83. — Die Aufbewahrung der Chemikalien 83. — Das Verkleinern der Materialien, welche in der Feuerwerkerei benützt werden 84.

V. Die Herstellung der Feuerwerkskörper 87

VI. Die Anfertigung der Hülsen (mit Fig. 1 bis 3) 88

Das Formen der Cylinder 89. — Das Einschnüren der Hülsen 92. — Die Größe der Hülsen 94.

VII. Das Mischen der Präparate zu Feuerwerkssätzen . 95

VIII. Die Anfertigung der Entzündungs-Vorrichtungen (mit Fig. 4) 99

Die Anfeuerung oder allgemeine Zündmasse 100. — Dünne Anfeuerung 100. — Dicke Anfeuerung 101. — Das Zündpapier 101. — Die Stoppinen, Ludelfäden oder Lunten 102. — Die Luntenbeize 102. — Die Zündschnüre 103. — Leit-Zündschnüre 105. — Schießwoll-Zündungen 106. — Dynamit-Zündungen 107. — Elektrische Zündungen 108. — Die Stoppinen 109. — Die Satzröhren 110. — Die Zündlichter 110. — Die Feuerwerksfackeln 112.

IX. Pyrotechnische Farbenlehre 114

X. Die Feuerwerkssätze 118

XI. Die Leuchtsätze 119

Der graue Satz 120. — Das Schwefel-Kaliumchlorat 122. Die Aufbewahrung der Feuerwerkssätze 124.

XII. Vorschriften zur Herstellung von Leuchtfeuern . . 125

A. Weiße Leuchtfeuer 125. — Indisches Leuchtfeuer 125. — Mondlicht-Feuer 125. — Weißer Treib- und Leuchtsatz 126. — B. Rothe Leuchtfeuer I, II, III 126. — C. Gelbe

by Google

Seite

Leuchtfeuer I, II 127. — D. Grüne Leuchtfeuer I, II 128. — E. Blaue Leuchtfeuer I, II, III 129. — F. Violette Leuchtfeuer I, II, III 130.

XIII. Das Laden der Leuchtsätze (mit Fig. 5) 131
Die Lade-Vorrichtungen 134.

XIV. Von den Funkensätzen 140
Vorschriften zu Funkensätzen 141. — I. Gluth-Funkenregen 141. — II. Diamantregen 143. — III. Sternfunken 144. — IV. Rother Funkenregen 144. — V. Grüner Funkenregen 144.

XV. Die Doppelsätze oder Brillantfeuer (mit Fig. 6 u. 7) 145
Vorschriften zu Brillantsätzen 147. — I. Brillant-Normalsatz 147. — II. Weiße Brillantsätze A und B 148. — III. Gelbe Brillantsätze A und B 148.

XVI. Die Leuchtkugeln 149
Vorschriften für Leuchtkugelsätze 152. — I. Weiße Sätze A, B und C 152. — II. Gelbe Sätze A und B 152. — III. Rothe Sätze A, B und C 153. — IV. Grüne Sätze A, B und C 154. — V. Blaue Sätze A und B 154. — VI. Violette Sätze A und B 155.

XVII. Die Sterne 156
Vorschriften für Sternsätze 157. — Weiß A und B 157. — Gelb A und B 157. — Roth 158. — Grün 158. — Blau 159.

XVIII. Die bengalischen Feuer 159
Vorschriften für bengalische Feuer 159. — Weiß A, B und C 159. — Gelb A und B 160. — Roth A, B und C 160. — Grün A und B 161. — Blau A und B 161. — Violett A und B 161. — Die bengalischen Fackeln 162.

XIX. Die Darstellung von Feuerwerkskörpern aus Leuchtsätzen (mit Fig. 8 bis 10) 163
I. Die römischen Kerzen 164. — II. Die Bombenröhren oder Leuchtkugelröhren 166. — III. Die Sternsätze 168. — IV. Die Funkensätze 170. — V. Die Brillantsätze 173. — VI. Die Schwärmer 174 — Normale Sätze für Schwärmer A, B 176. — Das Laden der Schwärmer 177. — Feuerwerks-Zigarren 178. — VII. Die chinesischen Feuer 179. — VIII. Die Drehschwärmer 180. — IX. Die Frösche 182. — X. Die Schläge 182 — Kanonenschläge 184.

XX. Von den Treibsätzen 186
Vorschriften zur Anfertigung einfacher Treibsätze A, B und C 187.

ed by Google

Seite

XXI. Die Raketen (mit Fig. 11 u. 12) 189

XXII. Die Bewegungs-Ursachen der Raketen 196

XXIII. Das Laden der Raketen (mit Fig. 13 bis 15) . . . 204

Massiv geschlagene Raketen 205. — Die Schlag-Vorrichtung 208. — Die Bohr-Vorrichtung 210. — Hohl geschlagene Raketen 211.

XXIV. Die montirten Raketen 215

Die Schlagraketen 216. — Raketen mit Funken- oder Sternregen 217. — Die Leuchtkugel-Raketen 218. — Die Fallschirm-Raketen 218. — Kometen-Raketen 220. — Wurf-Raketen 221.

XXV. Combinirte Raketen 222

Die Doppelraketen 222. — Drehraketen 223. — Sprengraketen 224. — Raketen mit Sternregen 225. — Fächerraketen 226. — Die Raketengarbe 227. — Die Wirbelraketen 228. — Der Vulcan 229.

XXVI. Die wichtigsten Feuerwerksobjecte (mit Fig. 16 bis 26) 231

A. Luft-Feuerwerke 232. — Die Wasserfälle 232. — Die Palmen 236. — Die Blumenkörbe 237. — Die Sterne 238. — 1. Sterne aus einer einzigen Hülse 238. — 2. Sterne aus mehreren Hülsen 240. — Die Glorien 241. — Die Mosaiken 242. — Die Sonnen 244. — Die Drehsterne 250. — Die Feuerräder 251. — Die Spirale 251. — Die Pastillen 252. — Die architektonischen Feuerwerke 259. — Die Schwärmermörser 262. — Die archimedischen Schrauben-Raketen 264. — Die Raketen-Spirale 265. — Die Schnurfeuer 266. — B. Wasser-Feuerwerke 267.

XXVII. Die Prüfung der Feuerwerkssätze 272

XXVIII. Vorschriften zur Bereitung einiger wichtiger Feuerwerkssätze 277

A. Leuchtfeuer für Flammen von intensiver Färbung 278. Weiße I, II, III 278. — Gelbe I, II, III 278. — Rothe I, II III 278. — Grüne I, II, III 278. — Blaue I, II, III 278. B. Leuchtkugel- und Sternensätze 278. — Weiße I, II, III 278. — Gelbe I, II, III 279. — Rothe I, II, III 279. — Grüne I, II, III 279. — Blaue I, II, III 280. — Violette I, II, III 280. — C. Funken- und Brillantsätze 280. — Weiße I II 280 — Rothe, Grüne, Blaue 280. — D. Raketensätze 281. E. Bengalische Weingeistflamme 281.

XXIX. Die Anlage eines Feuerwerks-Laboratoriums . . 282

Digitized by Google

I.

Zur Geschichte der Feuerwerkskunst.

Unter Feuerwerkerei oder Pyrotechnik (griechische Feuerkunst) versteht man jenes chemische Gewerbe, dessen Aufgabe es ist, durch Zusammensetzung verschiedener chemischer Producte Gemische hervorzubringen, welche beim Entzünden entweder unter gewaltiger Gasentwickelung und Erzeugung sehr hoher Temperaturen sehr schnell abbrennen, oder welche beim Anzünden Flammen von allen möglichen Farben geben.

Je nach der Bestimmung, welche die Feuerwerkskörper haben, läßt sich die gesammte Pyrotechnik in zwei Haupttheile zerlegen: in die Kriegs-Pyrotechnik oder Artillerie-Wissenschaft und in die Pyrotechnik im engeren Sinne oder in die sogenannte Kunst- oder Lustfeuerwerkerei. Der erstgenannte Theil der Pyrotechnik hat sich ganz besonders mit dem Schießpulver und den als Ersatz desselben vorgeschlagenen Stoffen, wie Schießbaumwolle, Knallpräparaten u. s. w. sowie mit den zu Sprengzwecken dienenden Körpern, wie Nitroglycerin, Dynamit, den Torpedos, den Minen und ähnlich zerstörend wirkenden Körpern und Vorrichtungen zu beschäftigen.

Die Pyrotechnik im engeren Sinne des Wortes hat weniger ernste und furchtbare Zwecke im Auge; sie dient hauptsächlich dem Vergnügen, gewährt aber auch wirklichen Nutzen zu Signalzwecken. Auch die Lustfeuerwerkerei hat sich mit explosiven Körpern, das heißt mit solchen zu beschäftigen, welche unter bedeutender Kraftentwickelung verbrennen; allein es ist auch gleichzeitig ihre Aufgabe, diese Stoffe in Feuerwerkskörper zu verwandeln, in welcher Form sie auf ganz besondere Art verbrennen. Wir erwähnen hier nur zwei Beispiele: in den sogenannten Raketen ist der Feuerwerkskörper in eine solche Form gebracht, daß er den ihn umschließenden Behälter zwingt, in die Höhe zu fliegen; in den Feuerwerks-Sonnen aber eine Drehung des Behälters um einen bestimmten Punkt veranlaßt.

Die Feuerwerkskunst, welche zwar erst in neuester Zeit auf die hohe Stufe der Ausbildung gelangte, auf welcher sie gegenwärtig steht, ist nichtsdestoweniger schon uralt, wie aus den Aufzeichnungen alter Schriftsteller bekannt ist. — Schon die alten Griechen sollen eine Mischung — das sogenannte griechische Feuer — gekannt haben, welche einmal entzündet, durch Wasser nicht mehr ausgelöscht werden konnte und zum Anzünden feindlicher Schiffe benützt wurde. Der Gelehrte Archimedes soll mittelst heftig brennender Mischungen eine Flotte in Brand gesetzt haben.

Die Chinesen, ein Volk, welches große Freude an der Feuerwerkerei hat — es giebt kein chinesisches Fest, bei welchem nicht ein Feuerwerk abgebrannt wird — kennen schon seit Jahrhunderten explosive Körper, wenn ihnen auch das wichtigste derselben, das Schießpulver, wie jetzt so ziemlich feststehend anzunehmen ist, erst durch die Europäer bekannt wurde. — Die Raketen, welche hauptsächlich im Kriege als Brandpfeile verwendet wurden, sind in der That eine chine-

Digitized by Google

sische Erfindung, welche aber nicht aus China nach Europa verpflanzt, sondern in Europa selbstständig gemacht wurde.

Daß die Araber, dieses um die Entwickelung der Naturwissenschaften und besonders um jene der Chemie hochverdiente Volk dem Schießpulver ähnliche Mischungen gekannt und dieselben sogar zum Forttreiben fester Körper, also von Geschossen verwendet haben, ist so ziemlich sicher. Der Zeitpunkt, in welchem die Araber ihre Präparate so weit vervollkommneten, daß man sie als Schießpulver bezeichnen kann, dürfte wahrscheinlich das vierzehnte Jahrhundert gewesen sein.

Von höchster Wichtigkeit für unseren Industriezweig ist die Erfindung des Schießpulvers in Europa. Obwohl ein angeblicher Berthold Schwarz, seines Zeichens ein Mönch und Goldmacher, das Schießpulver erfunden haben soll, so ist diese Angabe so unbestimmt, daß wir sie kaum für mehr als für eine Sage erklären können. Als das Jahr, in welchem Schwarz seine Erfindung gemacht haben soll, wird von einigen 1259 genannt, während andere Schriftsteller die Jahre 1320 und 1354 nennen. Uebrigens sei hier bemerkt, daß schon 1340 in Augsburg eine Pulverfabrik bestand und schon 1338 das Pulver zu Kriegszwecken benützt wurde. Neben Schwarz werden noch andere alte Schriftsteller und Gelehrte als Entdecker des Schießpulvers genannt, so Albertus Magnus und Roger Baco, allein die diesbezüglichen Stellen in den Schriften dieser Männer sind dem Geiste ihrer Zeit entsprechend, der die Wissenschaft als das Geheimniß einzelner zu bewahren strebte, so unklar, daß sie keine absolute Beweiskraft haben.

Daß mit der Erfindung des Schießpulvers eine neue Periode der Pyrotechnik begann, ist außer allem Zweifel,

da ja ein sehr großer Theil aller in der Feuerwerkerei verwendeten Körper unter Zuziehung von Schießpulver bereitet wird; die Begründung der Pyrotechnik als chemischen Industriezweig müssen wir aber jedenfalls in das neunzehnte Jahrhundert verlegen, in welchem Chemie und Physik, die beiden unentbehrlichen Hilfswissenschaften der Pyrotechnik, erst zu hoher Ausbildung gelangten.

II.

Die Feuerwerkerei im Allgemeinen.

Wenige chemische Gewerbe fordern zu ihrem rationellen Betriebe eine so große Summe von chemischen Kenntnissen als gerade die Pyrotechnik. Der Feuerwerker, welcher dieselben nicht besitzt, kann sich nur darauf beschränken, nach gewissen Vorschriften zur Anfertigung von Feuerwerkskörpern zu arbeiten, viele derselben zu erproben und bei jenen, welche ihm das beste Ergebniß liefern, stehen zu bleiben.

Abgesehen davon, daß er lange und viel zu experimentiren haben wird, bevor er soweit gelangt ist, gute Vorschriften ausfindig zu machen, wird er nur zu oft in die Lage kommen, daß ihm gewisse Feuerwerkskörper gänzlich mißlingen, obwohl er sie auf das sorgfältigste nach der Vorschrift angefertigt hat. Es bleibt ihm in diesem Falle nichts übrig, als das betreffende Gemisch als unbrauchbar wegzuwerfen und ein neues zu bereiten, da ihm die Kennt-

nisse fehlen, herauszubringen, wo eigentlich der Fehler steckt. Oft ist bei einem Feuerwerkssatz, so nennt man die zur Bereitung der Feuerwerkskörper dienenden Gemische, die man auch oft kurzweg als Satz bezeichnet, nur eine geringe Vermehrung oder Verminderung eines Bestandtheiles erforderlich, um dem Satze die erforderlichen Eigenschaften zu geben. Daß dies aber nur dann möglich ist, wenn man die Eigenschaften der in dem Feuerwerkssatze enthaltenen Körper und die Vorgänge bei der Verbrennung des Satzes genau kennt, liegt auf der Hand.

Da wir beabsichtigen, mit dem vorliegenden Werke dem Leser ein Buch in die Hand zu legen, in welchem er nicht nur die Anleitung zur Herstellung aller bekannten Feuerwerkskörper findet, sondern sich auch eine klare Einsicht in das Wesen der Pyrotechnik überhaupt verschaffen kann, und dadurch in die Lage gesetzt ist, selbstständig arbeiten zu können, so haben wir es für unsere Aufgabe gehalten, dem chemischen Theile der Feuerwerkerei größere Ausführlichkeit zu widmen, als dies sonst in derartigen Werken der Fall ist.

Die Pyrotechnik strebt dahin, gewisse Lichterscheinungen beim Verbrennen der Feuerwerkskörper hervorzurufen; es wird daher demnächst nothwendig sein, uns über das Wesen des Verbrennungsprocesses im allgemeinen klar zu werden.

Der Verbrennungsproceß.

Im gewöhnlichen Leben bezeichnet man als Verbrennung eine Licht- und Wärme-Entwicklung, welche von einem Körper, dem Brennmateriale ausgeht, das während dieses Vorganges vor unseren Augen allmälig verschwindet und meistens nur eine kleine Menge unverbrennlicher Substanz, die Asche, hinterläßt.

Digitized by Google

Der Begriff des Verbrennungsproceſſes, wie wir ihn nach den Lehren der Chemie aufzufaſſen haben, iſt aber ein viel weiterer. In der Chemie verſteht man im weiteſten Sinne unter Verbrennung die Vereinigung zweier Körper zu einem neuen, zu einer chemiſchen Verbindung; im engeren Sinne die Vereinigung eines Körpers mit einem Beſtandtheile der Luft: mit Sauerſtoff. In beiden Fällen kann die Verbrennung unter bloßer Wärme-Entwicklung oder unter bloßer Lichterſcheinung vor ſich gehen; es kann ſogar der Fall eintreten, daß eine vollſtändige Verbrennung ſtattfindet, ohne daß Licht- oder Wärme-Entwicklung zu beobachten wäre.

Wenn wir zuerſt den allgemeinen Fall in's Auge faſſen, nach welchem Verbrennung als Vereinigung zweier Körper zu erklären iſt, ſo bietet uns die Chemie eine große Anzahl von diesbezüglichen Erſcheinungen.

Wenn wir Eiſenfeilſpäne mit Schwefel miſchen und das Gemiſch nur gelinde erwärmen, ſo fängt plötzlich das Gemenge zu glühen an und entwickelt ſo viel Wärme, daß ein Schmelzen der ganzen Maſſe eintritt. Hat man Eiſen und Schwefel in einem beſtimmten Verhältniſſe angewendet, ſo findet man nach dem Verſuche weder Eiſen noch Schwefel, ſondern einen neuen Körper, der zwar auch noch Eiſen und Schwefel enthält, aber nicht mehr die Eigenſchaften dieſer beſitzt; das was man jetzt vor ſich hat, iſt nicht mehr Schwefel und Eiſen, ſondern Schwefeleiſen; das Eiſen hat ſich mit dem Schwefel chemiſch verbunden, das Eiſen iſt mit dem Schwefel verbrannt.

Wenn man Schwefel in einem paſſenden Gefäße zum Sieden erhitzt und Kupferdrähte in dasſelbe wirft, ſo verbrennen dieſe mit ſchön rothem Lichte zu Schwefelkupfer.

Digitized by Google

Leitet man Schwefeldampf über glühende Kohlen, so verbrennen beide miteinander unter Bildung eines flüssigen Körpers, und es entsteht Schwefelkohlenstoff. Blei, Zinn, Zink und viele andere Körper lassen sich ebenfalls mit Schwefel verbrennen.

Bringt man Eisen, Kupfer, Zink und so weiter in glühendem Zustande mit einer Luftart, welche Chlor genannt wird, zusammen, so vereinigen sich dieselben unter Feuer- und Lichterscheinung mit dem Chlor zu Chloreisen, Chlorkupfer u. s. w. Geschmolzener Schwefel verbrennt in Chlorgas mit blauer Flamme zu Chlorschwefel; gepulvertes Arsen- oder Antimonmetall in ein mit Chlor gefülltes Gefäß geworfen, fängt von selbst zu brennen an und verbindet sich mit dem Chlor zu Chlorarsen oder Chlorantimon.

Wenn man Eisen glühend macht, so sprüht es lebhaft Funken, sobald man es aus dem Feuer nimmt: es verbrennt mit einem Bestandtheile der Luft, dem Sauerstoffe, zu Sauerstoffeisen oder zu Eisenoxyd. Genau derselbe Vorgang findet statt, wenn Eisen durch langes Liegen an der Luft in Rost übergeht; es verbindet sich mit Sauerstoff; der Rost besteht ebenfalls aus Eisenoxyd, aus verbranntem Eisen. — Daß wir beim Rosten weder Licht- und Wärme-Entwicklung wahrnehmen, hat seine Ursache in dem langsamen Verlaufe des chemischen Processes.

Wenn wir Holz bei Luftzutritt erhitzen, so entzündet es sich von selbst und verbrennt unter Licht- und Wärme-Entwicklung. Die Holzsubstanz enthält hauptsächlich zwei brennbare Körper: Kohlenstoff und Wasserstoff; ersterer verbrennt zu Sauerstoff-Kohlenstoff oder Kohlensäure, letzterer zu Sauerstoff-Wasserstoff oder zu Wasser.

Ein Haufen moderndes Holz leuchtet bei Nacht; wenn wir die Hand in denselben stecken, so merken wir eine

bedeutende Temperaturerhöhung; der Moderhaufen wird von Tag zu Tag kleiner: er verbrennt langsam an der Luft.

Damit ein Körper brenne, wie man es im gewöhnlichen Leben versteht, d. h., daß er sich unter Licht- und Wärme-Entwicklung rasch mit dem Sauerstoffe der Luft verbinde, müssen folgende Bedingungen erfüllt werden:

1. es muß ein brennbarer Körper vorhanden sein,
2. es muß zu demselben Luft (Sauerstoff) treten können,
3. der Körper muß auf eine bestimmte Temperatur erhitzt werden. Die Temperatur, bei welcher die Entzündung eintritt, nennt man den Zündpunkt.

Der Zündpunkt verschiedener Körper liegt bei sehr verschiedenen Wärmegraden; so entzündet sich z. B. außerordentlich fein vertheiltes Eisen schon bei gewöhnlicher Temperatur, wenn man es an die Luft bringt; das Gleiche findet noch bei mehreren anderen Körpern statt, und nennt man solche selbstentzündliche Körper in der Chemie Pyrophore (das ist Feuerträger). In dem angeführten Beispiele ist es nur der Zustand der außerordentlich feinen Vertheilung, in welchem sich das Eisen befindet, welche die Oxydation bis zum eigentlichen Brennen des Eisens steigert. Bei Eisen, welches sich nicht in fein vertheiltem Zustand befindet, liegt der Zündpunkt so hoch, daß mindestens Weißgluth erforderlich ist, wenn das Eisen an der Luft brennen soll. —

Der Phosphor hat einen sehr nieder liegenden Zündpunkt, bei 44 Graden entzündet er sich schon, und vereinigt sich so energisch mit Sauerstoff, daß es genügt, eine größere Quantität von Phosphor an der Luft liegen zu lassen, um durch die bei der langsamen Verbrennung entstandene Wärme die ganze Phosphormasse zur beginnenden Schmelzung und Entflammung zu bringen.

Im gewöhnlichen Körper gilt es als ausgemachte

Digitized by Google

Thatsache, daß ein Körper nur dann brennen könne, wenn Luft — das ist Sauerstoff — denn der in der Luft befindliche Stickstoff nimmt an der Verbrennung keinen Antheil — zugegen ist. Die Chemie hat uns aber Körper kennen gelehrt, welche unter gewissen Verhältnissen Sauerstoff in genügenden Mengen abzugeben im Stande sind, um das vollkommene Verbrennen eines Gemisches, in welchem sie enthalten sind, herbeizuführen, ohne daß Sauerstoff der Luft zum vollständigen Verlaufe der Verbrennung erforderlich wäre. Derartige Körper sind der Salpeter, das Kaliumchlorat und mehrere andere, welche wir bald kennen lernen werden.

Das bekannteste aller pyrotechnischen Präparate, das Schießpulver, enthält neben Salpeter noch Schwefel und Kohle; es verbrennt in einem vollständig von der Luft abgeschlossenem Raume, wie der Gewehrlauf, ohne daß nur etwas unverbrannt bliebe; der in dem Gemische enthaltene Salpeter liefert die zum vollständigen Verbrennen desselben erforderliche Sauerstoffmenge.

Nach dem soeben Gesagten erscheint es begreiflich, daß wir Gemische kennen, welche selbst unter Wasser fortbrennen; zu ihrer Bereitung ist nichts weiter erforderlich, als dem betreffenden Gemenge einen Körper beizugeben, welcher nicht nur die zum vollständigen Verbrennen erforderliche Sauerstoffmenge abzugeben vermag, sondern auch während des Brennens die Temperatur der in Wasser getauchten Mischung fortwährend auf dem Zündpunkte zu halten vermag.

Fast alle Feuerwerkssätze sind Gemische, welche irgend einen Körper enthalten, der beim Erhitzen Sauerstoff in genügender Menge abgiebt, um das ganze Gemisch zu verbrennen. — Die Raketen bestehen ihrem Wesen nach aus einer Hülse, in welcher der Feuerwerkssatz eingestampft ist;

es könnte daher der Inhalt derselben nicht so schnell verbrennen, als es nothwendig ist, wenn nicht der Sauerstoff liefernde Körper in dem Gemenge selbst enthalten wäre.

Die Geschwindigkeit des Verbrennens eines Feuerwerkssatzes hängt von zwei Verhältnissen ab; erstens davon, ob der Feuerwerkssatz eine größere oder geringere Menge leicht verbrennlicher Stoffe enthält, und zweitens davon, ob demselben eine größere oder kleinere Quantität eines Sauerstoff abgebenden Körpers beigemengt ist. Man nennt solche Feuerwerkssätze, welche sehr schnell abbrennen, kräftige oder Treibsätze im Gegensatze zu jenen, bei welchen die Verbrennung langsamer und träger erfolgt; letztere bezeichnet man als matte oder schwache Sätze.

Ist ein Feuerwerkssatz für den gewünschten Zweck zu matt, so kann man ihm dadurch die entsprechende Kraft ertheilen, daß man die in ihm enthaltene Menge des Sauerstoff abgebenden Körpers vergrößert; ist derselbe zu kräftig, so setzt man ihm eine entsprechende Quantität langsam verbrennender Körper, oder auch gar nicht brennbarer Substanzen, wie Sand, Glaspulver u. s. w. zu, bis er gerade die gewünschte Stärke besitzt.

Das beste Beispiel hiefür bietet der bekannteste aller Feuerwerkskörper, das gewöhnliche Schießpulver. Es ist bekannt, daß das feinkörnige sogenannte Jagdpulver, mit einem brennenden oder glühenden Körper in Berührung gebracht, in einer fast unmeßbar kurzen Zeit mit der größten Heftigkeit unter Explosion verbrennt. Noch rascher wird die Explosion erfolgen, wenn man das Pulver in Staub verwandelt. — Pulver in größeren Körnern, Scheiben-, Spreng-, Kanonenpulver verbrennt um so langsamer, je größer die Körner sind; ebenso entzündet sich Pulver langsamer, welches

Digitized by Google

durch einen ſtarken Druck zu compacten Maſſen zuſammen gepreßt wurde (prismatiſches, comprimirtes Pulver).

Den kräftigſten Treibſatz wird ſonach ein zu feinem Mehle zerriebenes Schießpulver bilden, welches gerade ſo viel Sauerſtoff bei der Entzündung abzugeben vermag, als nothwendig iſt, um die in dem Pulver enthaltenen brennbaren Stoffe (das ſind der Schwefel und die Kohle) vollſtändig zu verbrennen.

Durch entſprechendes Vergrößern der Pulverkörner oder Zuſammenpreſſen derſelben wird zwar die Geſchwindigkeit der Verbrennung etwas verlangſamt; der Unterſchied in dem zur Verbrennung erforderlichen Zeitraume iſt aber ein ſo geringer, daß wir ihn gar nicht zu meſſen vermögen. Nichts deſto weniger iſt die hier ſtattfindende Verlangſamung des Verbrennungsproceſſes dennoch von hoher Bedeutung für artilleriſtiſche Zwecke.

Wenn wir bei gleichbleibendem Salpeter- und Schwefelgehalt des Pulvers die in demſelben enthaltene Kohlenmenge allmälig vergrößern, das iſt den am ſchwierigſten verbrennenden Beſtandtheil des Pulvers vermehren, ſo erhalten wir Sätze, welche immer langſamer abbrennen, und können auf dieſe Weiſe endlich ſehr kohlenreiche Miſchungen herſtellen, welche nur ſehr träge verbrennen.

Das was wir ſoeben angeführt haben, iſt eine der wichtigſten Grundlehren der Feuerwerkskunſt; jeder Satz enthält einen Sauerſtoff abgebenden Körper, von welchem die Stärke der Verbrennung bedingt wird, je nachdem er in größerer oder geringerer Menge vorhanden iſt; außerdem enthält er noch einen oder mehrere Körper, welche verbrannt werden ſollen; die Vermehrung letzterer im Verhältniß zu dem Sauerſtoff liefernden Körper bedingt eine Verringerung in der Kraft des Satzes.

In ihrer einfachsten Zusammensetzung bestehen die Feuerwerkskörper demnach aus einem oder mehreren brennbaren Körpern, welche mit einem Sauerstoff abgebenden innig gemischt sind und beim Anzünden mit größerer oder geringerer Geschwindigkeit kräftig oder matt verbrennen. Wir verlangen aber von vielen Feuerwerkssätzen, daß sie beim Abbrennen Licht von bestimmter Farbe zeigen; man hat sogar die Farbe, welche ein Feuerwerkssatz beim Verbrennen liefert, auf den Satz selbst übertragen und spricht von einem grünen, rothen, blauen Satz und versteht darunter Feuerwerkssätze, welche mit grüner, rother, blauer Flamme abbrennen.

Die Eigenschaft mit einer Flamme von bestimmter Farbe abzubrennen, verdanken die Feuerwerkssätze der Beimengung gewisser chemischer Producte, denen die Eigenschaft zukommt, Flammen zu färben. In allen Fällen ist es der Dampf des betreffenden Körpers, welcher der Flamme ihre Färbung ertheilt; manche dieser Körper sind aber erst bei sehr hoher Temperatur flüchtig; eine Eigenschaft, auf welche wir bei der Zusammensetzung des Feuerwerkssatzes wohl Bedacht nehmen müssen. Wir müssen in diesem Falle dem Satze eine solche Zusammensetzung geben, daß er beim Verbrennen eine Temperatur entwickelt, welche hoch genug ist, um eine entsprechende Menge des die Flamme färbenden Körpers zur Verdampfung zu bringen. Wir führen nachfolgend einige Körper an, welche den Flammen ganz bestimmte Färbungen ertheilen, und werden die betreffenden Verbindungen in einem späteren Abschnitte ausführlicher behandeln.

Weiß wird eigentlich keinen Feuerwerkskörper geben; das für sich allein brennende Magnesiummetall giebt wirklich rein weißes Licht; gegenwärtig ist es seiner Kostbarkeit

Digitized by Google

wegen noch von der Anwendung zu eigentlich pyrotechnischen Zwecken ausgeschlossen. Bläulich-weiß wird jedoch die Flamme durch Zink, Arsen und Antimon, sowie durch gewisse Verbindungen dieser Körper gefärbt.

Gelb wird die Flamme hauptsächlich durch Natriumverbindungen gefärbt; wenn man den Docht einer Weingeistlampe (der Weingeist brennt bekanntlich mit sehr schwach leuchtender blaßblauer Flamme) mit Kochsalz (das ist Chlornatrium) einreibt, so erhält die Flamme hierdurch eine sattgelbe Färbung. Schwefelkalium verbrennt ebenfalls mit gelbem Licht; die gelbe Flamme, welche aus dem Laufe eines abgeschossenen Gewehres hervorschlägt, rührt von verbrennendem Schwefelkalium-Dampf her.

Roth wird die Flamme durch eine größere Anzahl von Verbindungen gefärbt; Kalkverbindungen färben sie schwach roth; Lithium-, Rubidium- und Strontian-Verbindungen ertheilen ihr eine prachtvoll carminrothe Färbung.

Grün wird die Flamme durch Borverbindungen gefärbt und zwar spargelgrün; Baryumverbindungen färben sie ebenfalls grün; gewisse Kupferverbindungen ertheilen ihr eine dunkelgrüne Färbung.

Blau erhält man durch gewisse Kupferverbindungen, sowie durch jene des sehr seltenen Indium-Metalles.

Violett entsteht, wenn Kaliumverbindungen in der Flamme vorhanden sind; kann aber auch durch Mischen eines rothen und blauen Satzes erhalten werden.

Wir haben hier nur einige der Stoffe angeführt, welche überhaupt der Flamme eine charakteristische Färbung zu ertheilen vermögen; manche derselben sind trotz der Schönheit der Farbe, welche sie der Flamme zu ertheilen vermögen, durch ihre Seltenheit und Kostspieligkeit von der

praktiſchen Anwendung zu pyrotechniſchen Zwecken ganz ausgeſchloſſen; es gehören zum Beiſpiele die Rubidium- und Indium-Verbindungen hieher; indem bis zur Gegenwart dieſe Metalle und ihre Verbindungen nur als große Seltenheiten in den Händen der Chemiker zu finden ſind.

Es gehört mit zu den wichtigſten Aufgaben des Pyrotechnikers unter den Stoffen, welche billig genug im Handel zu haben ſind oder leicht ſelbſt im pyrotechniſchen Laboratorium dargeſtellt werden können, diejenigen herauszufinden, welche als Beſtandtheile von Feuerwerksſätzen die ſchönſten Lichteffecte zu liefern vermögen.

Wie ſchon aus dem Vorſtehenden hervorgeht, iſt es eine ſehr große Reihe von chemiſchen Verbindungen, welche in das Bereich des Pyrotechnikers gehören; an dieſe Verbindungen ſchließt ſich aber noch eine große Reihe anderer an, welche mit zur Anfertigung von Feuerwerkskörpern benützt werden. Manche dieſer Körper haben Eigenſchaften, welche ſie in der Hand des Unkundigen zu höchſt gefährlichen Stoffen machen; Exploſionen von furchtbar zerſtörenden Wirkungen können die Folge der unrichtigen Handhabung gewiſſer chemiſcher Präparate ſein.

Es erſcheint demnach für den Feuerwerker von höchſter Wichtigkeit, die chemiſchen Eigenſchaften aller Stoffe, mit denen er überhaupt zu thun hat, genau zu kennen, um einerſeits den gewünſchten Zweck mit ihnen zu erreichen und ſich andererſeits vor großem Schaden zu bewahren.

Digitized by Google

III.

Pyrotechnische Chemie.

Die pyrotechnische Chemie hat die Aufgabe, den Feuerwerker mit den Eigenschaften und der Bereitung jener chemischen Präparate bekannt zu machen, welche er zu seinem Geschäfte braucht. Wir halten es für überflüssig, besonders darauf hinzuweisen, daß der gegenwärtige Abschnitt dieses Werkes eigentlich der wichtigste des ganzen Buches ist; ebenso, wie der Kaufmann die Eigenschaften seiner Waaren genau kennen muß, muß auch der Pyrotechniker die Eigenschaften seiner Präparate genau kennen, und ist dies für ihn um so wichtiger, als nicht nur das Gelingen seiner Arbeiten davon abhängig ist, sondern er sich auch hierdurch, wie erwähnt, vor großem Schaden bewahren kann.

Man hat in der chemischen Wissenschaft der Kürze und Deutlichkeit halber eine eigenthümliche Zeichensprache eingeführt, welche darauf beruht, daß man die Elemente oder Grundstoffe, das sind jene Körper, welche wir durch kein uns bekanntes Verfahren in andere zerlegen können — mit den Anfangsbuchstaben ihrer lateinischen oder griechischen Namen bezeichnet, und die Verbindungen aus zwei oder mehreren Elementen auf die Weise darstellt, daß man die für die einzelnen Grundstoffe festgesetzten Buchstaben neben einander setzt und diesen noch gewisse Zahlen beifügt, über welche wir noch sprechen werden.

In der chemischen Zeichensprache bedeutet z. B. der

Digitized by Google

Buchstabe S den Grundstoff Schwefel (lateinisch Sulphur); Fe bedeutet Eisen (lateinisch Ferrum); O bezeichnet den Sauerstoff (griechisch Oxygenium). — Fe S ist demnach Schwefeleisen; Fe O Eisenoxydul u. s. w.

Die Chemie lehrt uns, daß sich die Elemente nur nach bestimmten unabänderlichen Gewichtsverhältnissen mit einander vereinigen; man nennt diese Gewichtsverhältnisse die Aequivalente. Die Buchstaben S, Fe, O, bedeuten demnach nicht blos eine unbestimmte Menge von Schwefel, Eisen oder Sauerstoff, sondern stets ein Aequivalent derselben.

Wenn man das Aequivalent des leichtesten aller Körper des Wasserstoffes (griechisch Hydrogenium = H) mit 1 festsetzt, so ergeben sich für Schwefel, Eisen und Sauerstoff folgende Aequivalentzahlen: Schwefel = 32, Eisen = 56, Sauerstoff = 16. Die Buchstaben S, Fe und O bezeichnen demnach zugleich die betreffenden Aequivalente: S = 32; Fe = 56; O = 16.

Die Verbindung zweier oder mehrerer Elemente erfolgt immer auf die Weise, daß sich ein Aequivalent des einen mit einem, zwei, drei, vier u. s. w. Aequivalenten des andern vereinigt, oder daß sich zwei Aequivalente mit dreien oder drei mit vier verbinden u. s. w. Die Anzahl der in einer Verbindung enthaltenen Aequivalente wird durch die den Buchstaben unten beigesetzten Zahlen angezeigt.

Fe S heißt demnach: es sind 56 Gewichtstheile Eisen (oder ein Aequivalent) mit 32 Gewichtstheilen Schwefel (oder ein Aequivalent) verbunden worden; in der Verbindung $Fe_2 S_3$ sind aber zwei Aequivalente Eisen (= 112 Gewichtstheile) mit drei Aequivalenten Schwefel = (96 Gewichtstheilen) vereinigt.

Digitized by Google

Wir lassen nachstehend eine kleine Tabelle folgen, welche die Namen der Elemente, welche für den Pyrotechniker von Wichtigkeit sind, nebst ihren chemischen Zeichen und Aequivalentgewichten enthält, und werden in Zukunft diese Zeichen wiederholt benützen.

Name des Elementes.	Chemisches Zeichen	Aequivalent-Gewicht.
Wasserstoff (Hydrogenium) . . .	H	1
Chlor	Cl	35,5
Sauerstoff (Oxygenium)	O	16
Schwefel (Sulphur)	S	32
Stickstoff (Nitrogenium)	N	14
Posphor	P	31
Bor	Bo	11
Kohlenstoff (Carbonium)	C	12
Lithium	Li	7
Natrium	Na	23
Kalium	K	39,3
Calcium	Ca	40
Strontium	Sr	88
Baryum	Ba	137
Zink	Zn	65
Blei (Plumbum)	Pb	207
Eisen (Ferrum)	Fe	56
Mangan	Mn	55
Kupfer (Cuprum)	Cu	63,4
Quecksilber (Hydrargyrum) . . .	Hg	200
Arsen	Ar	75
Antimon (Stibium)	Sb	120
Aluminium	Al	27,4
Zinn (Stannum)	Sn	118

Digitized

Der Pyrotechniker kommt öfter in die Lage, gewisse chemische Producte selbst herstellen zu müssen, indem diese Producte im Handel nur schwierig zu haben sind, oder zu Preisen verkauft werden, welche in gar keinem Verhältnisse zu ihrem Werth stehen. Zur Herstellung dieser Präparate hat er verschiedene Chemikalien nöthig, wie z. B. Salzsäure, Schwefelsäure, Salpetersäure, Weingeist u. s. w. Obwohl nun diese Stoffe nicht selbst unter die Feuerwerkskörper gehören, so müssen wir sie doch hier anführen, da sie in der Pyrotechnik eine gewisse Rolle spielen.

Nebst den chemischen Präparaten finden in der Feuerwerkerei noch eine größere Anzahl von Stoffen Verwendung, welche entweder Pflanzenproducte oder gewisse Fabrikate sind. Zu den ersteren sind die Harze und ätherischen Oele, das Mehl, Sägespäne zu rechnen; in die zweite Gruppe gehören Papier, Pappe, Metalldraht u. s. w. Wir wollen diese Stoffe von den chemischen Präparaten gesondert in einem besonderen Abschnitte besprechen und sie als Materialien bezeichnen.

Die in der Pyrotechnik verwendeten Chemikalien.

A. Anorganische Verbindungen.

Wie vorerwähnt dienen gewisse Chemikalien als Hilfsmittel zur Herstellung von pyrotechnischen Präparaten; wir wollen diese zuerst beschreiben.

Die Salzsäure

oder Chlorwasserstoffsäure = H Cl (Acidum hydrochloricum) bildet eine farblose, sehr stark sauer riechende und schmeckende Flüssigkeit, welche an der Luft dicke weiße Nebel ausstößt und viele Metalle aufzulösen vermag; mit Aus-

Digitized by Google

nahme der edlen Metalle lösen sich die meisten Metalle in dieser Säure auf. Die im Handel vorkommende rohe Salzsäure (Acidum hydrochloricum crudum) ist durch aufgelöstes Eisen gelblich gefärbt; die reine Säure (Acid. hydrochl. purum) ist farblos. Für gewisse Zwecke wirkt übrigens der Eisengehalt der rohen Salzsäure nicht störend und kann daher das billigere Präparat angewendet werden. — Wir fügen den deutschen Namen der Präparate auch die lateinischen bei, weil im Handel die lateinischen Benennung am häufigsten gebraucht werden.

Die englische Schwefelsäure

(Acidum sulfuricum anglicum) H_2SO_4 bildet eine farblose dicke ölige Flüssigkeit von sehr hohem Gewichte und den stärksten sauren Eigenschaften, welche wir kennen. Sie hat ein außerordentliches Bestreben, sich mit Wasser zu verbinden; wenn man Schwefelsäure mit Wasser zu mischen hat, so muß man die Säure in einem dünnen Strahle in das Wasser gießen, nicht umgekehrt, denn es wird hierbei so viel Wärme frei, daß die Flüssigkeit in's Kochen gerathen und herausgeschleudert werden könnte. Auf Holz gebracht, verkohlt die Schwefelsäure dasselbe, muß daher in mit eingeschliffenen Glasstöpseln versehenen Flaschen aufbewahrt werden. Sie löst viele Metalle unter Entwickelung von Wasserstoff (H) und Bildung von schwefelsauren Salzen.

Die Salpetersäure

(Acidum nitricum) HNO_3. — Wir unterscheiden zwei Arten von Salpetersäure, die weiße Salpetersäure (Acidum nitricum album), und die rothe rauchende Salpetersäure (Acidum nitricum fumans). Die erstere ist stark sauer, farblos und raucht an der Luft nur wenig. Auf die Haut gebracht,

Digitized by Google

zerstört sie dieselbe unter Gelbfärbung, auf Kleider gespritzt, verursacht sie schnell eine Zerstörung derselben, es entsteht ein Loch. Viele Metalle, wie Kupfer, Quecksilber, Silber werden von dieser Säure unter Entwicklung schwerer, brauner Dämpfe von Untersalpetersäure N_2O_4 gelöst.

Die rothe rauchende Salpetersäure ist gewöhnliche Salpetersäure, welche eine sehr bedeutende Menge von Untersalpetersäure gelöst enthält und in Folge dessen eine lebhaft orangerothe Färbung besitzt; an der Luft stößt sie dicke, schwere Nebel aus. Diese Salpetersäure besitzt im allgemeinen die Eigenschaften der farblosen Salpetersäure, nur im noch gesteigerten Grade; auf die Haut gespritzt, zerstört sie dieselbe augenblicklich unter Hervorbringung einer Brandwunde. Ihre Zersetzlichkeit ist eine sehr große; schon bei gelindem Erwärmen zerfällt sie und wirkt in Folge ihres hohen Sauerstoffgehaltes als eines der kräftigsten Verbrennungs- oder Oxydationsmittel, welches wir kennen. Eine glühende Kohle, die man in warme rothe Salpetersäure taucht, erlischt nicht, sondern brennt mit hellem Glanze fort; den zum Brennen nöthigen Sauerstoff bezieht sie hierbei aus der Salpetersäure. Terpentinöl in Salpetersäure gegossen fängt durch die kräftig oxydirende Wirkung dieser Säure augenblicklich zu brennen an.

Wenn man Pflanzenfasern, Baumwolle, Papier oder auch Zucker, Mannit, Glycerin und andere Stoffe unter geeigneten Verhältnissen mit Salpetersäure zusammenbringt, so erleiden sie eine merkwürdige Veränderung, sie werden nitrificirt und erlangen hierdurch die Eigenschaft, in Berührung mit einem glühenden Körper oder auch schon durch einen Schlag mit der größten Heftigkeit zu verbrennen. Die furchtbarsten Explosivkörper, die wir überhaupt kennen,

Digitized by Google

z. B. das Nitroglycerin, die Schießbaumwolle sind solche nitrificirte Körper.

Beim Nitriren eines der genannten Stoffe tritt aus der Salpetersäure $H NO_3$ eine Verbindung aus, welche die Zusammensetzung NO_2 hat und Nitryl genannt wird; das Nitryl tritt in die Verbindung des betreffenden Körpers ein und verleiht ihm die Fähigkeit unter Explosion zu verbrennen.

Da in der Feuerwerkerei von den nitrificirten Stoffen oder den Nitroverbindungen eine gewisse Anwendung gemacht wird, so werden wir einen derselben, die Schießwolle, später etwas ausführlicher besprechen.

Der Salpeter.

Die Verbindungen der Salpetersäure mit Metallen, die salpetersauren Salze oder die Nitrate besitzen zum großen Theile die kräftig oxydirenden Eigenschaften der Salpetersäure selbst; durch Hitze werden sie alle zerstört und geben hierbei Sauerstoff ab. Das wichtigste der salpetersauren Salze für den Pyrotechniker ist der gewöhnliche Salpeter, salpetersaures Kali oder Kaliumnitrat (sal petrae) $K NO_3$.

Schmilzt man Salpeter und erhitzt stärker, so entwickeln sich Gasblasen von Sauerstoff; wirft man auf die Oberfläche des geschmolzenen Salpeters kleine Stückchen von Schwefel, Papierkügelchen, Kohlenstückchen, so verbrennen diese auf das lebhafteste. Mischt man Salpeter mit entsprechenden Mengen von Schwefel und Kohle, so erhält man ein Gemenge, welches auch bei Luftabschluß mit großer Heftigkeit verbrennt, das bekannte Schießpulver. Seiner außerordentlich kräftig oxydirenden Wirkung, Beschleunigung des Verbrennens wegen, wird der Salpeter fast bei allen

Digitized by Google

Feuerwerkssätzen als einer der Hauptbestandtheile verwendet; man braucht oft nur in einem Feuerwerkssatze die Menge des Salpeters zu vermehren, um dem Satze einen kräftigeren Trieb zu ertheilen, das heißt ihn rascher verbrennen zu machen.

Im Handel unterscheidet man zwei Sorten von Salpeter dem Kalisalpeter $K NO_3$ und den Natronsalpeter $Na NO_3$ oder Chilisalpeter. Ersterer wird in eigenen Fabriken (Salpetersiedereien) dargestellt; letzterer wird in Chili, wo er sich in mächtigen Lagern findet, bergmännisch gewonnen. Für pyrotechnische Zwecke ist der Kalisalpeter der allein brauchbare; der Natronsalpeter hat die unangenehme Eigenschaft, aus der Luft Wasser anzuziehen; die mit Natronsalpeter bereiteten Feuerwerkskörper werden bei längerem Liegen feucht, backen zu Klumpen zusammen und versagen meistens vollständig. Man kann übrigens sehr leicht den Kalisalpeter von dem Natronsalpeter unterscheiden; ersterer verpufft auf glühende Kohlen geworfen mit violetter, letzterer mit wachsgelber Flamme.

Der reine Kalisalpeter hat folgende Eigenschaften: Er bildet große wasserhelle, säulenförmige Krystalle, welche sich an der Luft nicht verändern (luftbeständig sind) und einen kühlenden, salzigbitteren Geschmack zeigen. Der Salpeter löst sich ungemein leicht im Wasser auf. Die im Handel vorkommenden großen Krystalle von Salpetersäure sind häufig minder rein, als die kleinen. Letztere kommen in Form eines sehr feinen Krystallmehles als sogenanntes Salpetermehl im Handel vor. Das Salpetermehl wird auf die Weise dargestellt, daß man Salpeter in kochendem Wasser auflöst und die Lösung unter fortwährendem Rühren erkalten läßt, wodurch sich nur sehr kleine Krystalle bilden können.

Digitized by Google

Der Schwefel.

Der Schwefel (Sulphur) S ist ein in der Feuerwerkerei sehr oft gebrauchter Körper. Er findet sich in der Natur, besonders in der Nähe von Vulcanen oft in sehr mächtigen Lagern vor, wie z. B. in der Nähe der Stadt Girgenti auf der Insel Sicilien, von wo ein großer Theil des in Europa gebrauchten Schwefels bezogen wird. Der in der Natur vorkommende Schwefel wird durch Destillation gereinigt und kommt entweder in Stangenform gegossen oder als zartes Pulver, als Schwefelblumen (flores sulfuris) in den Handel. Obwohl es für die Zwecke der Pyrotechniker bequemer erscheinen würde, Schwefelblumen anzuwenden, da hierdurch das Pulvern des Schwefels entfallen würde, so wendet man doch allgemein gepulverten Schwefel an und zwar aus dem Grunde, weil die Schwefelblumen oft mit einer ziemlich bedeutenden Menge von Schwefeldioxyd (SO_2) verunreinigt sind.

Der reine Schwefel ist eine krystallinische Substanz von eigenthümlich gelber, schwefelgelber Farbe, welche geruch- und geschmacklos ist, sich nicht in Wasser, wohl aber in Schwefelkohlenstoff, ätherischen Oelen u. s. w. auflöst. Beim Erhitzen schmilzt der Schwefel bei 111 Graden zu einer honiggelben Flüssigkeit und zeigt beim stärkeren Erhitzen eine merkwürdige Erscheinung. Die meisten geschmolzenen Körper werden um so dünnflüssiger, je stärker man sie erhitzt; der Schwefel macht eine Ausnahme von dieser Regel; beim Erhitzen auf 150 bis 250 Grade färbt er sich immer mehr granatroth und wird so dickflüssig, daß man das Gefäß, in welchem er sich befindet, umwenden kann, ohne daß etwas ausfließt. Erhitzt man noch stärker, so wird der Schwefel wieder dünnflüssig und siedet bei einer

Digitized by Google

Temperatur von 450 Graden, wobei er in einen rothbraunen Dampf übergeht. In dem Schwefeldampfe verbrennen viele Körper, namentlich Metalle (Kupfer), mit lebhaftem Lichte zu Schwefelverbindungen.

An der Luft, also mit Sauerstoff verbrennt der Schwefel zu Schwefeldioxyd SO_2; dieses ist eine Luftart von erstickendem Geruche nach brennendem Schwefel und von bleichenden Eigenschaften; wenn er mit Wasser zusammenkommt, entsteht aus ihm schwefelige Säure $H_2\ SO_3$, eine Flüssigkeit von stark bleichenden Eigenschaften. Wenn man Schwefeldioxyd mit Wasser und gleichzeitig mit einem kräftig oxydirend wirkenden Körper (Salpetersäure) zusammenbringt, so entsteht Schwefelsäure $H_2\ SO_4$. In den Schwefelsäure-Fabriken wird die Schwefelsäure thatsächlich nach diesem Verfahren dargestellt.

Wenn Schwefel in einem Feuerwerkssatze mit Salpeter zur Entzündung gebracht wird, so kann eine mehrfache Erscheinung eintreten. Ist eine genügende Menge von Salpeter vorhanden, so wird geradezu aller vorhandene Schwefel so vollständig verbrannt, als dies nur möglich ist, somit in Schwefelsäure umgewandelt; den hiezu nöthigen Sauerstoff liefert der Salpeter; die neugebildete Schwefelsäure vereinigt sich aber sofort mit dem früher im Salpeter enthalten gewesenen Kalium zu schwefelsaurem Kali oder Kaliumsulfat.

$$2\ (K\ NO_3) + S = K_2\ SO_4 + N + O_2.$$

Zwei Aequivalente Salpeter zerlegen sich mit einem Aequivalent Schwefel zu Kaliumsulfat, freiem Stickstoff und Sauerstoff.

Ist die Menge des Salpeters nicht ausreichend, um allen Schwefel in Schwefelsäure zu verwandeln, so wird ein Theil des Schwefels blos in Schwefeldioxyd umgewan-

delt; man vernimmt in diesem Falle beim Abbrennen des Gemisches den Geruch von Schwefeldioxyd, während der reichlich salpeterhaltige Satz geruchlos abbrennt. Letzterer verbrennt auch mit viel größerer Geschwindigkeit als der an Salpeter ärmere.

Auf ganz andere Weise findet die Verbrennung aber statt, wenn dem Gemenge aus Salpeter und Schwefel noch Kohle, Mehl, Sägemehl, überhaupt eine organische Substanz beigefügt wird; die chemischen Eigenschaften dieser Substanzen nehmen auf die Art der Verbrennung einen sehr wesentlichen Einfluß, den wir noch bei der Besprechung des Schießpulvers näher kennen lernen werden.

Hier sei noch erwähnt, daß sich Schwefel beim Verbrennen mit anderen leicht Sauerstoff abgebenden Salzen auf ganz ähnliche Weise verhält, wie beim Verbrennen mit Salpeter, es entsteht Schwefelsäure, die sich mit dem vorhandenen Metalle zu einem schwefelsauren Salze vereinigt. Das später zu besprechende Kaliumchlorat ($K\,ClO_3$) ist ein derartiger Körper; die Umwandlung desselben in schwefelsaures Kali beim Verbrennen mit Schwefel geschieht unter außerordentlich heftiger Explosion, ein Umstand, welchen wir hier ausdrücklich erwähnen, um vor dem Experimente, Schwefel auf geschmolzenes Kaliumchlorat zu werfen, abzuhalten.

Der Kohlenstoff.

Carbonium C wird in der Feuerwerkerei sehr häufig aber meistens nicht in reiner Form angewendet. Der Kohlenstoff, welcher in der Feuerwerkerei angewendet und durch Verkohlen von Holz dargestellt wird, enthält noch wechselnde Mengen von Wasserstoff und Sauerstoff.

Digitized by Google

Der reine Kohlenſtoff bildet ein nicht kryſtalliniſches, tiefſchwarzes, glanzloſes Pulver, welches in jedem bekannten Löſungsmittel unlöslich iſt. Der Kohlenſtoff gehört zu jener Gruppe von Körpern, welche die Chemiker als reducirende bezeichnen. Unter einem reducirenden Körper verſteht man aber einen ſolchen, welcher ein ſo großes Beſtreben hat, ſich mit Sauerſtoff zu verbinden, daß er denſelben anderen Verbindungen entreißt, wobei der früher mit Sauerſtoff verbunden geweſene Körper für ſich allein abgeſchieden (reducirt) wird. Der Kohlenſtoff zeigt aber ſeine reducirenden Eigenſchaften erſt in der Glühhitze. Erhitzt man die Sauerſtoffverbindung (das Oxyd) eines Metalles mit Kohle, ſo entſteht Kohlenoxyd (CO), während das reine Metall abgeſchieden wird. Bleioxyd (PbO) mit Kohle (C) geſchmolzen, liefert metalliſches Blei (Pb) und Kohlenoxyd (CO).

Dieſe reducirende Wirkung äußert ſich auch, wenn man ein Gemenge aus Salpeter, Schwefel und Kohle verbrennt. Das aus dem Salpeter und Schwefel beim Verbrennen entſtehende ſchwefelſaure Kali $K_2 SO_4$ wird bei der hohen Verbrennungstemperatur durch die Kohle C ſogleich zu Schwefelkalium KS reducirt, während die Kohle ſich mit dem Sauerſtoff zu Kohlenoxyd (CO) vereinigt.

Glühender Kohlenſtoff verbrennt an der Luft; iſt der Luftzutritt ein beſchränkter, ſo wird Kohlenoxyd CO gebildet; iſt reichlich Luft vorhanden, ſo entſteht die höchſte Sauerſtoffverbindung des Kohlenſtoffes, die Kohlenſäure (CO_2).

Das Kohlenoxyd CO iſt ein farbloſes giftiges Gas, welches brennbar iſt, und mit Luft zu Kohlenſäure verbrennen kann. Die blaue Flamme, welche man über einer dicken Schichte glühender Kohlen bemerkt, iſt brennendes Kohlenoxydgas.

Digitized by Google

Die Kohlensäure CO_2 ist nicht brennbar, der Kohlenstoff ist in ihr schon mit der größten Sauerstoffmenge verbunden, die er überhaupt aufzunehmen vermag, und ist ein sehr schweres Gas von schwachsauren Eigenschaften.

Beide Sauerstoffverbindungen des Kohlenstoffes, sowohl das Kohlenoxyd als die Kohlensäure, finden sich stets unter den Verbrennungsproducten, wenn ein Feuerwerkssatz, welcher neben Kohle oder kohlenstoffhältigen Körpern (Mehl, Sägespäne u. s. w.) noch Salpeter enthält, abgebrannt wird.

Es wurde schon erwähnt, daß die in der Feuerwerkerei angewendete Kohle nie reiner Kohlenstoff ist, sondern noch gewisse in dem verkohlten Holze enthalten gewesene Stoffe enthält. Es gilt nun als Regel: Je höher die Temperatur beim Brennen der Kohlen gesteigert wurde, desto reicher ist die entsprechende Kohle an Kohlenstoff, desto schwerer entzündlich ist sie; bei je geringerer Temperatur die Verkohlung vorgenommen wurde, desto näher steht die erhaltene Kohle noch dem Holze, desto leichter entzündlich ist sie.

Da es nun in der Feuerwerkerei besonders darauf ankommt, eine Kohle zu haben, welche sich möglichst rasch entzündet, so muß die für pyrotechnische Zwecke dienende Kohle eigens bereitet werden. Man wählt zur Bereitung dieser Kohle absichtlich solche Pflanzen, welche kein festes, hartes Holz und dem entsprechend auch eine dichte Kohle geben, sondern nimmt eine Holzgattung, die sich durch besondere Lockerheit auszeichnet. Die Hölzer, welche man als die geeignetsten zur Bereitung von Kohlen hält, die für pyrotechnische Zwecke dienen sollen, sind namentlich Faulbaum-, Weiden-, Erlen-, Pappel-, Linden- und Spindelbaumholz. Hanfstängel und einjährige noch nicht verholzte Weinreben sind ebenfalls ein ausgezeichnetes Materiale hierfür. Das Holz soll im Frühlinge unmittelbar bei dem Wiedererwachen der Vegetation geschlagen

Digitized by Google

werden, da dasselbe zu dieser Zeit erfahrungsmäßig am saftreichsten und zugleich am ärmsten an Aschenbestandtheilen ist.

Je nach der Temperatur, welche man bei der Verkohlung anwendet, zeigt die Kohle sehr verschiedene Eigenschaften; eine zwischen 250 und 450 Graden erhaltene Kohle liefert ein rothbraunes Pulver, das Aehnlichkeit im Aussehen mit geröstetem Kaffee besitzt; solche Kohle nennt man Rothkohle; sie ist mürbe und brüchig. — Eine Kohle, welche durch Verkohlen bei der höchst möglichen Temperatur dargestellt wurde, ist Schwarzkohle, tief schwarz, dicht, spröde und klingend.

Die Kohlen, welche bei niederer Temperatur dargestellt werden, haben eine sehr große Neigung, namentlich wenn sie in gepulvertem Zustande und in größeren Massen aufbewahrt werden, sich selbst zu entzünden. Man muß daher solche Kohle in luftdicht geschlossenen Gefäßen und an einem feuersicheren Orte aufbewahren.

Die für pyrotechnische Zwecke dienende Kohle wird nach den älteren unvollkommenen Methoden durch Verkohlen des Holzes in Gruben oder Kesseln bereitet. Diese Art des Kohlenbrennens gestattet aber nicht die Einhaltung einer bestimmten Temperatur, somit auch nicht die Bereitung einer Kohle von bestimmter Beschaffenheit. Gegenwärtig verfertigt man die Feuerwerkskohle (somit auch die zur Schießpulver-Bereitung dienende Kohle) durch Verkohlen des Holzes in eisernen Cylindern, welche am zweckmäßigsten durch erhitzte Luft oder überhitzten Wasserdampf auf einen bestimmten Temperaturgrad erhitzt werden. Eine auf diese Weise bereitete Faulbaumkohle entzündet sich schon bei einer etwa 340 Grade betragenden Temperatur.

Digitized by Google

Feuerwerkskörper, welche mittelst Rothkohle bereitet werden, zeigen größere Triebkraft oder Stärke als solche, welche mit Hilfe von Schwarzkohle angefertigt sind. Es wird sich demnach die Rothkohle besonders zur Anfertigung von kräftigen Feuerwerkssätzen eignen. Das Schießpulver für Kriegszwecke, das Militär- und Kanonenpulver, sowie das Sprengpulver, welche etwas langsamer verbrennen sollen, werden mittelst Schwarzkohle angefertigt; zu Pulver, welches sehr rasch verbrennen soll, zu feinem Jagdpulver benützt man Rothkohle.

Wenn ein Pyrotechniker, was wohl selten geschehen wird, in die Lage versetzt sein sollte, sich für einen besonderen Zweck die Kohle selbst bereiten zu müssen, so geschieht dies am einfachsten dadurch, daß man einen Cylinder aus starkem Eisenblech nimmt, denselben zum Schutze gegen das Durchbrennen mit dickem Lehmbrei bestreicht, mit möglichst dünnen Aesten einer der oben genannten Holzgattungen anfüllt und mit einem Deckel schließt, der vorne eine kleine Oeffnung für den Abzug der beim Erhitzen entweichenden Producte besitzt.

Dieser Cylinder wird in horizontaler Lage in einen passenden Ofen gebracht und durch vorsichtiges Feuern etwa auf eine solche Temperatur erhitzt, daß Zinn gerade schmilzt, wenn man es auf die obere Fläche des Cylinders wirft. Nach etwa zweistündigem Erhitzen zieht man den Cylinder aus dem Ofen und läßt ihn vollständig erkalten, ehe man ihn öffnet. Man wird auf diese Weise leichtentzündliche Rothkohle erhalten. Erhitzt man stärker, bis gegen 400 Grade, so erhält man Schwarzkohle.

Wenn man stets mit der gleichen Holzgattung und der gleichen Menge derselben arbeitet, und stets auch die gleiche Temperatur und Dauer der Erhitzung einhält, so

Digitized by Google

wird man immer ein gleichmäßiges brauchbares Product erhalten.

Das Schießpulver.

Dieses Präparat kann als das wichtigste in der gesammten Feuerwerkskunst bezeichnet werden, indem die Mehrzahl aller Feuerwerkssätze entweder direct mit Hilfe von Schießpulver angefertigt wird, oder in ihrer Beschaffenheit große Aehnlichkeit mit demselben besitzen.

Der Kunstfeuerwerker bereitet sich gegenwärtig das Schießpulver wohl nie selbst, sondern bezieht dasselbe aus den Pulverfabriken, welche ein stets gleichbleibendes Fabrikat herstellen.

Das Schießpulver ist bekanntlich ein Gemisch aus Salpeter, Schwefel und Kohle nach gewissen Verhältnissen, welche von dem Zwecke, zu welchem das Pulver verwendet werden soll, abhängen. — Wir geben im Nachfolgenden die percentuale Zusammensetzung mehrerer Pulvergattungen an, um an ihnen die betreffenden Verhältnisse klar zu machen.

	Jagdpulv.,	Militärpulv.,	Kanonenpulv.,	Sprengpulv.
Salpeter	76	75	74	70
Schwefel	10	10	10,5	18
Kohle	14	15	15,5	12

Das Jagdpulver, welches am raschesten verbrennen soll, enthält die größte Salpetermenge, wird gewöhnlich mit Hilfe von Rothkohle angefertigt und unter allen Pulversorten auf das feinste gekörnt, wodurch die rasche Entzündbarkeit ebenfalls gefördert wird. Ihm zunächst steht das etwas grobkörnigere Militärpulver, welches seines geringeren Salpetergehaltes wegen etwas langsamer verbrennt. Das Kanonenpulver, welches oft durch eigene Pressen gedichtet und in bestimmte Formen gebracht wird (prismatisches

Digitized by Google

Pulver) verbrennt so langsam, daß die volle Kraft der Pulvergase wirkt, so lange das Geschoß in dem Geschützrohre verweilt; es wird daher auf dieses seine volle Wirkung äußern und demselben die größtmögliche Geschwindigkeit ertheilen. (Jagdpulver in einer Kanone verbrannt, würde auf einmal verbrennen, könnte die Trägheit der großen Masse des Geschosses nicht plötzlich überwinden und wäre demzufolge Gefahr vorhanden, daß der ungeheure Druck der in einem Momente entwickelten Pulvergase das Geschützrohr zersprengen würde.)

Bei Sprengpulver sucht man das Gemisch so zu erhalten, daß es eine mittlere Verbrennungs-Geschwindigkeit besitzt; die Pulvergase sollen auf einmal ihrer ganzen Masse nach entstehen und ihre Kraft auf das zu sprengende Gestein werfen.

Die vorangegebenen Mischungs-Verhältnisse für die verschiedenen Gattungen von Schießpulver enthalten viel des Lehrreichen für den Pyrotechniker; das Jagdpulver stellt gleichsam einen sehr kräftigen starken Feuerwerkssatz dar, welcher in kürzester Zeit abbrennt, während das Kanonenpulver einen schwachen matten Satz darstellt.

Wie wir später sehen werden, sind die treibenden Eigenschaften des Schießpulvers für die meisten Feuerwerkskörper viel zu kräftige; man muß sie durch entsprechendes Mischen des Pulvers mit anderen langsamer verbrennenden oder ganz indifferenten Substanzen abschwächen.

Die Bereitung des Schießpulvers ist in neuerer Zeit, namentlich was die hierzu angewendeten mechanischen Vorrichtungen betrifft, sehr vervollkommnet worden. Da nun die Darstellung vieler Feuerwerks-Präparate große Aehnlichkeit mit jener des Schießpulvers zeigt, so erscheint es angezeigt, die Bereitungsweise des Schießpulvers im Kurzen zu

Digitized by Google

besprechen. — Wir müssen uns hier selbstverständlich sehr kurz fassen, denn die Bereitung des Schießpulvers, obwohl die Grundlage der Pyrotechnik bildend, ist ein für sich abgeschlossener Industriezweig, und findet in den von der Fabrikation des Pulvers handelnden Werken seine ausführliche Darstellung. In einem Werke, welches wie das vorliegende, sich mit dem Wesen der Kunstfeuerwerkerei beschäftigt, kann dieselbe nur in angemessener Kürze behandelt werden.

Die Fabrikation des Schießpulvers.

Die Operationen, welche bei der Darstellung des Schießpulvers ausgeführt werden müssen, sind das Zerkleinern, das Mengen und Dichten der Rohmaterialien, wodurch man die eigentliche Pulvermasse gewinnt. Durch die Operation des Körnens wird die Pulvermasse in die Gestalt von Körnern gebracht, welche einem vorläufigen Trocknen, Ausstauben und Abrunden unterzogen werden. Diesen Operationen folgt das vollständige Austrocknen und Ausstäuben, das Sortiren und Vermengen und in gewissen Fällen das Comprimiren oder Verdichten des Pulvers. Wie aus der Zahl der vorzunehmenden Arbeiten ersichtlich, ist die Fabrikation des Schießpulvers eine ziemlich complicirte Manipulation und ist bei derselben wegen der leichten Entzündbarkeit des Präparates die Einhaltung gewisser Vorsichtsmaßregeln höchst nothwendig.

Das Zerkleinern der Rohmaterialien geschieht auf verschiedene Weise; man verwendet hierzu Stampfwerke, Hämmer, Walzen, häufig auch Walzmühlen und starke Trommeln, in welche die Substanzen mit Broncekugeln eingeschlossen werden und durch ihren Fall beim Umdrehen der Trommeln den Inhalt pulvern.

Nach dem alten Verfahren wurde das Mengen und Dichten des Pulvers in einer Operation ausgeführt; wegen der hohen Gefährlichkeit dieses Verfahrens (Selbstentzündung) hat man dasselbe gegenwärtig gänzlich aufgegeben und mengt nur die zerkleinerten Körper.

Das Mengen wird häufig in rotirenden Trommeln, die aus Leder gefertigt sind, vorgenommen; zum Zwecke des Dichtens des Pulvers befeuchtet man das innige Gemenge aus den Rohstoffen und dichtet die Masse entweder durch eine Behandlung in Stampfwerken oder unter bronzenen Cylindern, welche nach Art der Mühlsteine bei verticalen Mühlen an einer horizontalen Axe rotiren derart, daß die Cylinder wie die Räder eines Wagens im Kreise herum rollen. In einigen Fällen wird das Dichten des Pulversatzes auch durch Zusammendrücken in sehr kräftig wirkenden hydraulischen Pressen vorgenommen. Je stärker das Pulver zusammengepreßt wurde, und je feinkörniger es ist, mit desto größerer Gewalt verbrennt es in der Regel.

Das Körnen der gedichteten Pulvermasse erfolgt auf verschiedene Weise; es bezweckt, den angefeuchteten Pulversatz in Körner von bestimmter Größe zu bringen, die aber bei den verschiedenen Pulversorten sehr von einander abweichen; feinkörniges Pulver brennt stets rascher ab als grobkörniges. — Durch Drücken der feuchten Pulvermasse durch Siebe, welche verschiedene Lochweite haben, erhält man nebst einer gewissen Menge von Staub immer Körper von unregelmäßiger Form, welche in ihrer Gestalt mehr Aehnlichkeit mit einem Cylinder als mit einer Kugel haben.

Das gekörnte Pulver wird vorläufig getrocknet, was in einem günstig, nach Süden gelegenen Raume geschieht, ohne daß man besondere Heizvorrichtungen anwendet. Das vollkommen lufttrockene Pulver, dessen Körner nicht mehr

Digitized by Google

aneinander haften dürfen, wird durch Anwendung eines Siebes von dem beigemengten Staube getrennt oder ausgestaubt und wird sodann der Operation des Abrundens oder Polirens unterzogen. Wie schon der Name dieser Arbeit anzeigt, bezweckt dieselbe, die Pulverkörner möglichst in die Gestalt von Kugeln zu bringen. Das Abrunden geschieht in Rollfässern, welche man zum Theile mit Pulver füllt und eine Zeitlang um eine durch die Längsausdehnung des Fasses gehende Axe drehen läßt. In Folge des Durcheinanderkollerns der eckigen Pulverkörner nehmen dieselbe allmälig Kugelgestalt an, der abgeriebene Theil des Pulvers bildet einen den Pulverkörnen beigemengten Staub.

Das gekörnte Pulver wird nunmehr dem vollständigen Austrocknen unter Anwendung von künstlicher Wärme unterworfen. — Es ist begreiflich, daß man bei einem so leicht entzündbaren Präparate, wie das Schießpulver ist, die größte Vorsicht in der Aufstellung und Handhabung des Trockenapparats anwenden muß und den eigentlichen Erwärmungsapparat immer *außerhalb* des Trockenraumes aufzustellen hat. Der gleichmäßigen Wärme und Feuersicherheit wegen, die sie gewährt, ist Wasserheizung jeder anderen Heizmethode (für unsere Zwecke) vorzuziehen.

Schließlich wird das fertige Schießpulver einem nochmaligen Ausstäuben unterzogen und das Pulver vermengt. Unter Vermengen versteht man das Zusammenmischen verschieden großer Pulverkörner, welche nicht über ein gewisses Maß hinaus gehen, zu *einer* Sorte; dieses Vermengen wird durch Mischen der verschiedenen Pulver, die man mittelst Sortiren in Sieben mit ganz bestimmter Lochweite erhält, vorgenommen.

Digitized by Google

Die Aufbewahrung des Schießpulvers.

Das Schießpulver ist eine Substanz, welche ihrer leichten Entzündlichkeit wegen unter Einhaltung besonderer Vorsichtsmaßregeln aufbewahrt werden soll. Bei langem Liegen an der Luft zieht das Pulver nicht nur Feuchtigkeit an sich, sondern verliert auch erfahrungsmäßig an Triebkraft. — Für die Zwecke des Pyrotechnikers erachten wir die folgende Aufbewahrungsart als jene, welche die größte Sicherheit gegen das Entzünden des Pulvers und für die Erhaltung der Qualität desselben gewährt.

Man verwahrt das Pulver in Säcken aus starkem Packpapier, in welche das Pulver eingeschüttet wird, und bedeckt die Oberfläche des Pulvers mit Papier. Je einer dieser Säcke steht in einem Fäßchen, welches innen ganz mit Papier ausgeklebt wurde. — Der obere Rand des Fasses ist ganz eben abgeschnitten, und auf demselben liegt ein schwerer Holzdeckel, der an der Unterseite ebenfalls mit Papier beklebt ist. Sowohl das Papier, mit welchem die Innenwand des Fasses ausgekleidet ist, als das, womit der Deckel überzogen ist, soll stark gefirnißt sein.

Das Pulver befindet sich hier in einem ganz abgeschlossenen Raume, und können die Fässer selbst an nicht ganz trockenen Orten aufbewahrt werden, ohne daß die Qualität des Pulvers darunter leidet. Man kann ferner leicht Pulver aus den Fässern entnehmen, ohne daß ein Zerdrücken oder Zerreiben der einzelnen Körner zu befürchten ist.

Die Eigenschaften des Schießpulvers.

Das Schießpulver, wenn es richtig bereitet ist, besitzt ganz charakteristische Eigenschaften, deren Kenntniß zur Beurtheilung der Güte des Pulvers von großer Bedeutung ist.

Digitized by Google

Gutes Schießpulver bildet eine Masse von vollkommen gleichartiger Beschaffenheit und darf selbst beim Anschauen mit Vergrößerungsgläsern keine Ungleichheit im Korne oder gar Schwefel- oder Salpeterkörnchen erkennen lassen; es darf nicht abfärben, wenn man es durch die Hand gleiten läßt und sollen alle Körner ziemlich gleiche Größe haben. — Die Körner sollen sich nicht zwischen den Fingern zerreiben lassen, sondern dem Zerdrücken einen gewissen Widerstand entgegen setzen. Die chemischen Eigenschaften eines guten Schießpulvers sind im Kurzen folgende: Es entzündet sich durch einen starken Stoß oder Schlag nur dann freiwillig, wenn es sich zwischen zwei harten Körpern — Metall oder Stein — befindet. Erhitzt man Schießpulver an der Luft, so erfolgt die Entzündung bei verschiedener Temperatur, welche von der Körnergröße abhängig ist; staubförmiges Pulver oder Pulvermehl entzündet sich schon bei einer zwischen 250 und 270 Graden liegenden Temperatur, während man bei gekörntem Pulver auf 270—320 Grade zu erhitzen hat, ehe die Entzündung erfolgt.

Die verhältnißmäßig niedere Temperatur, bei welcher sich das Schießpulver entzündet, macht es erklärlich, daß zur Entflammung desselben schon die Berührung mit einem Funken oder mit einem heißen Eisen (wie beim Abfeuern von Böllern) genügt. Da das Pulver ein Körper ist, welcher genug Sauerstoff enthält, um für sich allein, das heißt, ohne Zutritt der Luft verbrennen zu können, so pflanzt sich die Entzündung fast momentan durch die ganze Masse fort. Man hat durch besondere Versuche ermittelt, daß gutes Schießpulver in einem Zeitraume von etwa einem Hundertstel einer Secunde vollständig abbrennt, — ein Zeitraum, der für die praktische Verwendung ganz ohne Bedeutung ist.

Wegen dieses außerordentlich schnellen Abbrennens des

Digitized by Google

Schießpulvers verwendet man dasselbe in der Pyrotechnik allgemein zur Anfertigung von Zündleitungen, die dazu dienen, um eine gewisse Anzahl von Feuerwerkskörpern, die mit einander verbunden sind, gleichzeitig abzubrennen. Erst in neuerer Zeit hat man damit begonnen, die Zündleitungen, welche mit Pulver angefertigt werden, durch andere aus Schießwolle, Schießpapier oder auch durch elektrische Zündungen zu ersetzen.

Die Verbrennungsproducte, welche das Pulver beim Abbrennen liefert, sind sehr mannigfaltige; es bilden sich immer Gase (Pulvergase) und ein fester Rückstand — der sogenannte Brand — der als schwarzer Ueberzug in den Geschützrohren zurückbleibt. — Die Gasmenge, welche sich beim Abbrennen des Schießpulvers bildet, ist eine sehr beträchtliche; dazu kommt noch, daß in Folge der hohen Verbrennungstemperatur des Pulvers so viel Wärme entwickelt wird, daß die Pulvergase glühend werden. — Ein glühendes Gas sucht aber einen Raum einzunehmen, der jenen, welchen es bei gewöhnlicher Temperatur einnimmt, um viele hundert Male übertrifft; die Folge davon ist, daß der Druck der Pulvergase den Widerstand der Wände des Gefäßes, in welches es eingeschlossen ist, überwindet (Anwendung des Pulvers zu Sprengzwecken) oder, wenn das Gefäß so eingerichtet ist, daß ein Theil desselben beweglich ist — letzteren mit großer Gewalt fortschleudert (Anwendung des Pulvers in den Feuerwaffen).

Die Gase, welche beim Abbrennen des Pulvers entstehen, sind: Kohlensäure CO_2, Kohlenoxyd CO, Stickstoff N, Wasserstoff H und Schwefelwasserstoff H_2S. Die festen Producte bestehen aus Kaliumsulfat KSO_4 (oder schwefelsaurem Kalium), aus Kaliumcarbonat KCO_3 (oder kohlensaurem Kalium), ferner aus Schwefelkalium KS und sehr

kleinen Mengen unverbrannt gebliebener Stoffe, von denen Kohle die Menge ausmacht.

Unter den Verbrennungsgasen machen Kohlensäure und Stickstoff die weitaus größte Menge aus; sie betragen zusammen über 90 Percent der gesammten Gasmenge; unter den festen Producten der Verbrennung nennen wir ganz besonders das Kaliumsulfat und Kaliumcarbonat. Es ist wahrscheinlich, daß bei der Verbrennung des Pulvers im geschlossenen Raume eigentlich Schwefelkalium KS entsteht, welches in Dampf verwandelt, von den Gasen mit aus dem Gewehrlaufe gerissen wird und in Berührung mit Luft zu Kaliumsulfat KSO_4 verbrannt wird. Schwefelkalium KS mehr Sauerstoff O_4 giebt KSO_4. Die Flamme, welche beim Abfeuern eines Gewehres aus dem Laufe schlägt, wird durch verbrennendes Schwefelkalium hervorgerufen.

Wir können uns den chemischen Proceß, welcher beim Abbrennen des Pulvers vor sich geht, auf folgende Weise versinnlichen:

Salpeter		Kohle	Schwefel	
KNO_3		C	S	
Schwefelkalium		Kaliumcarbonat		
KS	+	KCO_3	+ CO_2 + CO + N	Gase

Der Salpeter wird vollständig zerlegt; das Kalium vereinigt sich mit dem Schwefel zu Schwefelkalium; der frei werdende Sauerstoff verbindet sich mit dem Kohlenstoff zu Kohlensäure und Kohlenoxyd; ein Theil der ersteren vereinigt sich mit dem Kalium zu Kaliumcarbonat und der Stickstoff wird in Freiheit gesetzt. Die obige Darstellung ist nur eine schematische; es sollen durch sie nur die vor-

Digitized by Google

züglichsten Processe, welche beim Verbrennen des Pulvers stattfinden, übersichtlich dargestellt werden. In Wirklichkeit ist der Proceß ein viel complicirterer, wie sehr eingehende Untersuchungen über diesen Gegenstand gezeigt haben.

Das Chlor. — Cl.

Dieser Körper findet nur indirect in der Feuerwerkerei Anwendung, indem er nur einen Bestandtheil vieler Präparate bildet, welche in der Pyrotechnik benützt werden, oder zur Herstellung derselben dient. Das Chlor ist ein einfacher Körper, ein Element, welches ein gelblich grünes Gas darstellt (Grün heißt in der griechischen Sprache Chloros.) Das Chlor ist einer jener Körper, welche unter die chemisch wirksamsten zu rechnen sind; es zerstört organische Stoffe sehr rasch (es bleicht), verbindet sich mit allen Metallen schon bei gewöhnlicher Temperatur und mit den meisten der übrigen nichtmetallischen Elemente.

Dem Sauerstoffe gegenüber zeigt das Chlor ein eigenthümliches Verhalten. Es ist in seinen Eigenschaften dem Sauerstoffe sehr ähnlich und es ist eine Thatsache, daß die chemische Verbindung zweier Elemente um so weniger fest und beständig ist, je ähnlicher diese Stoffe einander in Bezug auf chemische Eigenschaften sind. Die Verbindungen aus Chlor und Sauerstoff (die sogenannten Chlorsäuren) sind nur so lose zusammengesetzt, daß sie nur zu existiren vermögen, so lange sie an ein Metall gebunden sind. Sobald sie aus dieser Verbindung ausgeschieden werden, zerlegen sie sich unter den kräftigsten Oxydationswirkungen und werden wegen dieser Eigenschaft zu vielen Zwecken in der Pyrotechnik angewendet, da sie von kräftigerer Wirkung sind, als die salpetersauren Salze oder Nitrate.

Da nun das Chlor den Ausgangspunkt für die

Digitized by Google

Darstellung der chlorsauren Salze oder der Chlorate bildet, so halten wir es für wichtig, daß der Pyrotechniker die Darstellung derselben kenne. Man stellt Chlor durch Erhitzen des Minerales Braunstein (in chemischer Beziehung ist dieses Mineral Manganhyperoxyd $Mn O_2$) mit Salzsäure $H Cl$ dar. Es entsteht hierbei Chlor, Cl, Chlormangan $Mn Cl$ und Wasser $H_2 O$.

$$Mn O_2 + 2 H Cl = Mn Cl + Cl + H_2 O.$$

Wie aus vorstehendem Schema ersichtlich, gewinnt man bei diesem Processe nur die Hälfte der angewendeten Chlormenge als freies Chlor; die andere wird von dem Mangan gebunden. — Man arbeitet daher besser und billiger, wenn man Kochsalz (das ist Chlornatrium $Na Cl$) mit Schwefelsäure und Braunstein erwärmt, — wobei Natrium- und Mangansulfat entsteht und alles im Kochsalze enthalten gewesene Chlor in Freiheit gesetzt wird.

$$Mn O_2 + Na Cl + {}_2 (H_2 SO_4) = Mn HSO_4 + Na HSO_4 + H_2O + Cl$$

Man muß die Darstellung des Chlores in Glasgefäßen, oder wenn man größere Mengen davon bereiten will, in Bleigefäßen vornehmen, die man nur gelinde zu erhitzen braucht; um das Gas von mitgerissenen Flüssigkeitstheilchen zu befreien, leitet man es, bevor es in die Gefäße gelangt, in denen es wirken soll, durch eine zu ein Drittel mit Wasser angefüllte Waschflasche.

Die chlorsauren Salze oder die Chlorate.

Wenn man Chlor mit einem basischen Körper — das ist einen von laugenartigen Eigenschaften, die jenen eines sauren Körpers geradezu entgegengesetzt sind — bei Gegenwart von Wasser zusammenbringt, so entstehen Salze, die je nach der Temperatur, welche die Flüssigkeit besitzt ver-

Digitized by Google

schieden sind. Ist die Temperatur der Flüssigkeit eine gewöhnliche, so entstehen Salze der Hypochlorsäure, oder der unterchlorigen Säure H Cl O. Diese Salze haben sehr kräftig bleichende Wirkungen und finden deßwegen in verschiedenen Industrie-Zweigen eine sehr ausgedehnte Anwendung, werden aber in der Pyrotechnik nicht benützt.

Ist die Lösung des basischen Körpers z. B. des Aetzkalis in Wasser K H O hingegen heiß und leitet man Chlor in dieselbe, so entsteht Chlorsäure $H Cl O_3$, welche sich mit dem vorhandenen Metalle (hier Kalium) zu Kaliumchlorat $K Cl O_3$ vereinigt. Die Chlorate oder chlorsauren Salze sind nun für die Pyrotechnik von höchster Wichtigkeit, indem sie außerordentlich kräftig abbrennende Sätze liefern. Wir werden über die Eigenschaften dieser Salze näheres bei dem wichtigsten derselben anführen.

Es giebt noch eine dritte Chlorsäure, die Ueberchlorsäure, $H Cl O_4$, welche durch vorsichtiges Erhitzen eines chlorsauren Salzes entsteht. Merkwürdiger Weise besitzt diese Säure, obwohl die Sauerstoffreichste aller Chlorsäuren unter allen, die größte Beständigkeit und kann im freien Zustande existiren. Man kann überchlorsaures Kali darstellen durch vorsichtiges Erhitzen von Kalium-Chlorat, wobei neben freiem Sauerstoff noch Chlorkalium K Cl und überchlorsaures Kali entsteht.

$$2 K Cl O_3 = K Cl + O_2 + K Cl O_4$$

Das überchlorsaure Kali ist in Wasser viel schwieriger löslich und kann durch mehrmaliges Behandeln der geschmolzenen Masse mit kaltem Wasser. Auflösen des Rückstandes in der Siedhitze und Krystallisiren rein erhalten werden.

Kalium-Chlorat.

Chlorsaures Kali (Kali chloricum) $K Cl O_3$. Dieses Salz kommt meist im Productenhandel vor, allein zu

Digitized by Google

verhältnißmäßig ſehr hohen Preiſen. Für den Pyrotechniker, in der etwas größerem Maßſtabe arbeitet, iſt es jedenfalls rentabler ſich dieſes Salz ſelbſt herzuſtellen, was am einfachſten nach folgendem auch in den chemiſchen Fabriken angewendeten Verfahren geſchieht.

Man löſcht gut ausgebrannten Kalk mit Waſſer ab, und ſetzt der Maſſe ſo viel Waſſer zu, daß eine dünne milchartige Flüſſigkeit entſteht; in dieſe leitet man unter oftmaligem Umrühren ſo lange Chlorgas, bis man den Geruch des letzteren deutlich wahrnimmt. Man läßt ſodann die Flüſſigkeit ruhen, bis ſie ganz klar geworden und ſetzt ihr etwa ein Drittel von dem Gewichte der angewendeten Kalkmenge an Chlorkalium zu; letzteres Salz iſt im Handel billig zu haben. Die Flüſſigkeit wird nun in flachen Schalen aus Steinzeug etwa auf die Hälfte ihres Volumens eingedampft, und unter beſtändigem Rühren raſch abgekühlt. Es ſcheidet ſich hierbei ein feines Kryſtallmehl aus, welches aus Kaliumchlorat beſteht. Um es von dem anhängenden Chlorcalcium zu reinigen, bringt man dieſes Mehl in ein Gefäß, welches am Boden eine kleine mit Baumwolle ausgeſtopfte Oeffnung beſitzt, läßt die Flüſſigkeit vollſtändig abtropfen und gießt drei- bis viermal reines Waſſer auf; das ſehr leicht lösliche Chlorcalcium wird von dem Waſſer mitgenommen, während ſich nur eine ſehr geringe Menge von Kaliumchlorat auflöſt, da dieſes Salz nur ſchwierig in Waſſer löslich iſt. Der Proceß, welcher hierbei vor ſich geht, iſt folgender: Es entſteht chlorſaurer Kalk $Ca\,Cl\,O_3$; dieſer zerlegt ſich mit Chlorkalium $K\,Cl$ in chlorſaures Kali $K\,Cl\,O_3$ und Chlorcalcium. Erſteres iſt im Waſſer ſchwer, letzteres ſehr leicht löslich. Beide Salze können daher wie angegeben, durch Auswaſchen des Chlorcalciums getrennt werden.

Noch auf einfachere Weise läßt sich Kaliumchlorat darstellen, wenn man Chlorkalium und gebrannten Kalk unmittelbar mit Chlor behandelt. Man verfährt hierbei auf folgende Art. Hundert Theile gebrannter Kalk wird mit Wasser gelöscht; doch nimmt man nur so viel Wasser, daß ein dicker Brei entsteht. Man löst ferner 225 Theile Chlorkalium in möglichst wenig Wasser und vermengt die Lösung mit dem Kalkbrei; wenn nöthig setzt man so viel Wasser zu, daß ein dünner Brei entsteht, in welchen man Chlor leitet und zwar auch so lange, bis man das Chlor deutlich riecht. Man läßt die Flüssigkeit durch Stehen klar werden und dampft die klare Lösung stark ein. Sie enthält nur Kaliumchlorat und Chlorkalium; nachdem ersteres Salz auskryſtallisirt ist, kann man die zurückbleibende Lösung von Chlorkalium wieder zu einer neuen Operation verwenden.

Um das Salz rein zu erhalten, ist es in allen Fällen nothwendig, dasselbe durch Auflösen in kochendem Wasser und rasches Abkühlen der Lösung einzukryſtallisiren. Besonders wichtig ist es, dasselbe ganz frei von Chlorcalcium zu erhalten, da letzteres aus der Luft Feuchtigkeit anzieht.

Das reine chlorsaure Kali bildet blättchenförmige farblose Kryſtalle, welche sich an der Luft nicht verändern und in Wasser sehr wenig auflösen. Wenn man chlorsaures Kali vorsichtig erhitzt, so schmilzt es zu einer klaren Flüssigkeit; erhitzt man stärker, so entwickelt sich aus der geschmolzenen Masse reines Sauerstoffgas in reichlicher Menge, wobei die Masse dickflüssiger wird und nach einer gewissen Zeit keinen Sauerstoff mehr abgiebt. Die Masse besteht nun aus Chlorkalium KCl und überchlorsaurem Kali. Erhitzt man noch stärker, so findet plötzlich eine außerordentlich heftige Entwickelung von Sauerstoff statt, und es hinterbleibt

Digitized by Google

reines Chlorkalium. Es iſt ſomit das chlorſaure Kali durch Hitze vollkommen zerſetzbar und giebt allen Sauerſtoff ab.

$$K\,Cl\,O_3 = K\,Cl + O_3.$$

Die außerordentlich kräftig oxydirenden Wirkungen, welche das chlorſaure Kali beſitzt, machen es zu einem in der Pyrotechnik höchſt verwendbaren Körper, der aber bei unrichtiger Behandlung leicht furchtbare Exploſionen hervorrufen kann. Vor allem hat man darauf zu ſehen, daß das Salz nicht mit Holzſplittern, Kohle oder Staub zuſammen kommt; während man reines chlorſaures Kali ohne alle Gefahr pulvern kann, iſt es höchſt gefährlich, das durch die angeführten Stoffe verunreinigte Salz zu pulvern; eine Exploſion wäre die Folge davon. Man muß daher chlorſaures Kali immer in feſt verſchloſſenen Glasgefäßen aufbewahren, und die Mörſer, in welchen dieſes Salz gepulvert werden ſoll, auf das ſorgfältigſte reinigen. Am beſten iſt es immer, zum Pulvern dieſes und aller chlorſauren Salze einen beſonderen Mörſer zu verwenden, der zu keinem anderen Zweck benützt wird.

Wenn man chlorſaures Kali mit Schwefel zuſammenreibt, ſo erfolgt eine heftige Exploſion. Man darf aber höchſtens eine Meſſerſpitze von Kaliumchlorat und ein Schwefelſtück von etwa Hirſekorngröße anwenden; ſchon bei dieſen kleinen Quantitäten iſt die Exploſion eine ſehr heftige.

Legt man ein Stückchen Phosphor von der Größe eines Stecknadelkopfes auf eine Unterlage von chlorſaurem Kali, und ſchlägt mit dem Hammer darauf, ſo explodirt das ganze mit einem Knalle, welcher dem eines ſtarken Flintenſchuſſes gleicht.

Am heftigſten und von wahrhaft furchtbarer Wirkung ſind die Exploſionen von Gemiſchen, welche aus chlorſaurem Kali und Antimonſulfid $Sb_2\,S_3$ beſtehen. Man darf dieſe

Gemische nur unter Anwendung der äußersten Vorsichtsmaßregeln bereiten, indem man die fein gepulverten Körper durch Zusammengießen auf Glanzpapier mischt; nie soll man auf einmal mehr davon als eine Messerspitze von beiden Stoffen vermengen. Dieses Gemisch explodirt schon durch einen gelinden Stoß mit äußerster Heftigkeit.

Die Ursache dieser heftigen Zerlegungen liegt, wie erwähnt wurde, in der außerordentlich großen Zerleglichkeit der Chlorsäure, welche ihren Sauerstoff abgiebt und hierdurch die in dem Gemenge enthaltenen brennbaren Stoffe verbrennen macht.

Wenn man durch Zusatz von Schwefelsäure zu Kaliumchlorat die Chlorsäure in Freiheit setzt, so zerlegt sie sich augenblicklich in Chlor und Sauerstoff. Bringt man in ein Trinkglas eine Schichte von Kaliumchlorat, gießt heißes Wasser darauf, wirft ein Stückchen Phosphor in das Glas und setzt durch einen bis auf den Boden des Glases reichenden Trichter Schwefelsäure zu, so verbrennt der Phosphor unter Wasser mit lebhafter Feuererscheinung. Der aus der Chlorsäure frei werdende Sauerstoff verbrennt mit dem Phosphor zu Phosphorsäure.

Wenn man feingepulverten und vollkommen trockenen Zucker mit feingepulvertem Kaliumchlorat durch Schütteln in kleinen Quantitäten (nicht durch Zusammenreiben, sonst erfolgt Explosion!) mengt, das Gemenge auf trockenen Ziegeln ausbreitet, so bringt ein Tropfen von Schwefelsäure, welchen man auf dasselbe fallen läßt, die ganze Masse unter Bildung einer oft mannshohen Flamme zur (ruhigen nicht explosionsartigen) Verbrennung. Die Schwefelsäure setzt Chlorsäure in Freiheit, welche sich zerlegt; die nächst liegenden Zuckertheilchen verbrennen, pflanzen aber die Entzündung momentan durch die ganze Masse fort.

Digitized by Google

Seiner kräftig oxydirenden Wirkung wegen, hat man auch versucht, das Kaliumchlorat anstatt des Salpeters zur Bereitung von Schießpulver anzuwenden. — Das auf diese Weise erhaltene Schießpulver (weißes Schießpulver) ist zwar von viel kräftigerer Wirkung, als das mit Hilfe von Salpeter bereitete, hat aber mehrere Uebelstände; es ist gefährlicher beim Transporte und Aufbewahren, indem es sich leichter entzündet als gewöhnliches Pulver. Da sich beim Abbrennen eines mit Kaliumchlorat bereiteten Satzes stets freies Chlor bildet, dieses aber die Metalle sehr stark angreift, so werden die Läufe der Feuerwaffen durch dieses Pulver zu rasch zerstört.

Das überchlorsaure Kali enthält zwar noch mehr Sauerstoff als das chlorsaure Kali $KClO_4$; allein da es sich erst bei höherer Temperatur zerlegt, als das chlorsaure Kali, und wie erwähnt, Ueberchlorsäure auch beständiger ist, als Chlorsäure, so sind die Wirkungen dieses Salzes in Feuerwerkssätzen kaum kräftiger als jene des Kaliumchlorates und wird das überchlorsaure Kali seines höheren Preises wegen nur selten angewendet.

Außer dem Kaliumchlorat wendet man in der Feuerwerkerei noch mehrere chlorsaure, andere Metallsalze an; wir wollen aber dieselben nicht hier, sondern bei Abhandlung der betreffenden Metalle besprechen.

Der Phosphor P.

Der reine Phosphor findet in der eigentlichen Feuerwerkerei nur wenig Anwendung; wir erwähnen diesen Körper nur darum, weil er ein Beispiel eines Körpers ist, der sich außerordentlich leicht mit Sauerstoff verbindet. Ein Stück Phosphor beginnt, wenn man es an die Luft bringt, sogleich zu rauchen und leuchtet im Dunkeln (Phosphor ist

gleichbedeutend mit Lichtträger); mehrere Stücke trockenen Phosphors zusammengelegt erwärmen sich an der Luft so stark, daß die Masse schmilzt und sich von selbst entzündet. Es muß daher der Phosphor immer unter Wasser aufbewahrt werden. Der Phosphor findet ausgedehnte Anwendung zur Fabrikation der Zündhölzchen; in der Pyrotechnik wird er nur zur plötzlichen Entflammung einer großen Anzahl von Kerzen auf einmal (bei Theater-Effecten) verwendet. Man reibt zu diesem Zwecke den Docht der Kerze tüchtig mit staubförmigem Schießpulver ein, steckt ein kleines Stück Phosphor in den Docht und bringt dieses in geeignetem Augenblicke durch einen elektrischen Funken zur Entzündung.

Da von den Metall-Verbindungen eine große Anzahl in der Pyrotechnik angewendet wird, so wollen wir dieselben im Nachfolgenden auf die Weise besprechen, daß wir von Metallen jene Verbindungen anführen, welche in der Pyrotechnik Anwendung finden.

Kalium-Verbindungen.

Außer den beiden schon besprochenen Kalium-Verbindungen, dem Kaliumnitrat oder Salpeter KNO_3 und dem Kaliumchlorat $KClO_3$, welche die für den Pyrotechniker wichtigsten unter allen Kalium-Verbindungen sind, haben wir noch einige derselben anzuführen und zwar das Kalium-Sulfat oder schwefelsaure Kali (Kali sulphuricum) und das weinsaure Kali (Kali tartaricum).

Das Kaliumsulfat

KSO_4 ist zu sehr billigen Preisen im Handel zu haben. Es bildet farblose, harte Krystalle, welche sich an der Luft

nicht verändern; das Pulver derselben einem Feuerwerkssatze zugemischt, bewirkt eine blaue Färbung der Flamme.

Das weinsaure Kali,

welches ebenfalls zur Erzeugung von farbigen Feuerwerkssätzen, das heißt solchen, welche mit einer Flamme von besonderer Färbung abbrennen, verwendet wird, stellt man am zweckmäßigsten selbst dar. Man kocht in einem Porzellangefäße Wasser mit Weinsteinrahm (Cremor tartari) und setzt der Flüssigkeit so lange Pottasche zu, als noch ein Aufbrausen erfolgt; die Lösung wird filtrirt, stark eingedampft und zur Krystallisation hingestellt. Die Krystalle des weinsauren Kalis sind ebenfalls luftbeständig, müssen aber gut getrocknet und in fest verschlossenen Gläsern aufbewahrt werden.

Natrium-Verbindungen.

Das Natrium besitzt in hohem Grade die Eigenschaft, die Flammen gelb zu färben und werden verschiedene Verbindungen dieses Metalles in der Feuerwerkerei benützt. Je nach dem Grade der Flüchtigkeit dieser Verbindungen ertheilen sie den Flammen eine verschieden starke gelbe Färbung.

Das Natrium-Carbonat

oder die Soda $NaCO_3$ ist das unter allen Natrium-Präparaten am häufigsten im Handel vorkommende. Die Soda bildet wasserhelle große Krystalle von laugenartigem Geschmack, welche an der Luft allmälig in ein weißes Pulver zerfallen. Sie verlieren hierbei an Gewicht, indem sich das sogenannte Krystallwasser verflüchtigt, sie verwittern. In der Feuerwerkerei soll nur verwitterte Soda angewendet werden.

Das Natrium-Nitrat,

Natrium nitricum, $NaNO_3$ ist der schon früher erwähnte Chili-Salpeter. Er theilt alle Eigenschaften des Kali-Salpeters, ist aber im Gegensatze zu diesem an der Luft nicht beständig, sondern zieht Feuchtigkeit an sich. Man muß dieses Salz, wenn es zu Feuerwerkszwecken brauchbar sein soll, fein pulvern, gut austrocknen und das noch warme Pulver sofort in luftdicht zu verschließende Gefäße füllen. Feuerwerkssätze, welche dieses Salz enthalten, verbrennen mit sehr schön orangegelb gefärbter Flamme.

Das Natrium-Chlorat

oder Natrium chloricum, chlorsaures Natron $NaClO_3$, theilt im Allgemeinen die Eigenschaften des Kaliumchlorates; es färbt die Flamme hochgelb, wird aber in den meisten Fällen durch das salpetersaure oder oxalsaure Salz ersetzt, da diese bei ziemlich gleicher Wirkung billiger zu beschaffen sind.

Das Natrium-Oxalat,

Natrium oxalicum, kommt nur selten im Handel vor; man bereitet sich aber dieses Salz auf einfache Weise dadurch, daß man zu einer Auflösung von käuflicher Oxalsäure in Wasser so lange Soda setzt, als noch ein Aufbrausen erfolgt, die Flüssigkeit filtrirt und zur Krystallisation eindampft; das Salz krystallisirt dann in undeutlichen luftbeständigen Krystallen. Feuerwerkssätze werden durch dieses Salz hochgelb gefärbt.

Das Natrium-Borat,

Borax (Natrum boracicum), $NaBoO_3$ ist ein in unregelmäßigen großen Krystallen im Handel vorkommendes Salz.

Digitized by Google

Es enthält eine bedeutende Menge von Krystallwasser, welches für die Zwecke der Feuerwerkerei entfernt werden muß. Das Entwässern des Boraxes geschieht am einfachsten dadurch, daß man den Borax in einer blanken Eisenpfanne erhitzt. Das Salz schmilzt sehr bald, fängt an Blasen zu werfen und stark aufzuschäumen, und erstarrt schließlich wieder zu einer lockeren, porösen Masse, welche noch warm gepulvert und in gut verschlossenen Gefäßen aufbewahrt werden soll. Man verwendet den entwässerten Borax zu blaßgrünem Feuer.

Zu gleichem Zwecke verwendet man die in dem Borax enthaltene Borsäure (Acidum boracicum) BoO_3, welche in Form von kleinen fettglänzenden Blättchen im Handel erscheint. Die Borsäure hat die Eigenschaft, den Flammen spargelgrüne Färbung zu ertheilen; diese Färbung tritt aber eigentlich nur deutlich hervor, wenn man die Borsäure in Alkohol auflöst und diesen anzündet. Es bildet sich hierbei eine flüchtige Verbindung, der Borsäure-Aether, welcher der Flamme die charakteristische Färbung ertheilt. Sonst ist die Anwendung der Borsäure, als auch des Boraxes in der Feuerwerkerei eine wenig ausgedehnte, da in Folge der geringen Flüchtigkeit der genannten Körper die Färbung der Flammen nur eine verhältnißmäßig schwache ist.

Lithium-Verbindungen.

Das Lithium ist ein seltenes Metall, welches die Eigenschaften der sogenannten Alkalimetalle, zu welchen die vorgenannten Kalium und Natrium gehören, theilt; es findet sich noch am häufigsten in einer Glimmerart, welche man Schuppenglimmer oder Lepidolith nennt. Für die Feuerwerkerei ist das Lithium insoferne von Bedeutung, als es die Flammen prachtvoll carminroth färbt. Leider stehen der

Digitized by Google

Anwendung dieser Verbindungen in der Pyrotechnik zwei große Hindernisse entgegen: der hohe Preis und die Eigenschaft der meisten Lithium-Verbindungen, aus der Luft Wasser anzuziehen. Am zweckmäßigsten ist es noch, Lithium-Carbonat $Li\,C\,O_3$ (im Handel Lithium carbonicum) anzuwenden. Man wird aber mit diesem schwer flüchtigen Salze nur dann die gewünschte Wirkung erzielen, wenn man es einem Satze beimischt, welcher schnell und unter Entwicklung bedeutender Wärme abbrennt.

Ammon-Verbindungen.

Das Ammon $H_4\,N$, obwohl ein zusammengesetzter Körper, hat in seinem Verhalten gewisse Aehnlichkeit mit den vorbesprochenen Metallen. Die wesentlichsten Ammon-Verbindungen, welche in der Feuerwerkerei benützt werden, sind das Chlorammonium und das Ammon-Sulfat.

Chlorammonium,

Salmiak (Sal ammoniacum) $H_4\,N\,Cl$, ist ein in faserigen, stängeligen Krystallen oder Krystallkuchen im Handel häufig vorkommendes Salz, das einen salzig-bitteren Geschmack besitzt und zur Bereitung farbiger Flammen von den Pyrotechnikern benützt wird.

Ammon-Sulfat,

Ammonium sulphuricum $H_4\,N\,S\,O_4$, ein luftbeständiges, krystallinisches Salz, dient zum Präpariren der Raketenhülsen.

Calcium-Verbindungen.

Die Calcium-Verbindungen haben im Allgemeinen die Eigenschaft, die Flammen rosenroth bis ziegelroth zu färben; doch stellt sich der ausgiebigeren Anwendung dieser

Digitized by Google

Verbindungen dasselbe Hinderniß entgegen, wie jener der Lithium-Präparate; gerade die sonst in der Feuerwerkerei brauchbarsten dieser Präparate, wie das chlorsaure oder salpetersaure Salz, sind nicht luftbeständig. Es bleibt daher nichts übrig, als schwerer flüchtige, aber nicht zerfließliche Salze anzuwenden.

Letztere sind namentlich das Calciumsulfat oder Gyps $CaSO_4$ und Calcium-Carbonat $CaCO_3$ oder der kohlensaure Kalk. Beide Verbindungen kommen fertig in der Natur vor; der Gyps findet sich im Handel als sogenannter gebrannter Gyps in Form eines sehr feinen weißen Mehles und kann als solches angewendet werden. Man muß jedoch aber dafür Sorge tragen, daß der Gyps vor Feuchtigkeit bewahrt werde, indem er sonst zu einem Klumpen zusammenballt.

Das Calcium-Carbonat, welches der Pyrotechniker gebraucht, stellt er am besten durch Pulvern von Stücken cararischen Marmors dar, die man aus Bildhauer-Werkstätten leicht beziehen kann; wichtig ist es, die Stücke in möglichst feines Pulver zu verwandeln.

Aluminium-Verbindungen.

Die einzige Verbindung dieses Metalles, welches in der Feuerwerkerei Anwendung findet, ist der Alaun (alumen), ein Doppelsalz aus Alumin-Sulfat und Kalium-Sulfat. Der Alaun erscheint im Handel in Form von farblosen, schönen, aber an der Luft verwitternden Kryſtallen, welche einen süßlich zusammenziehenden Geschmack besitzen. In der Feuerwerkerei wendet man nur den sogenannten entwässerten Alaun an. Man erhält diesen, wenn man Alaun in einem Tiegel erhitzt; schon bei niederer Temperatur schmilzt er, giebt unter Blasenwerfen Wasser aus und erstarrt zu einer

Digitized by Google

blasigen, weißen Masse, die man so stark erhitzt, bis sie wieder schmilzt; beim Erkalten erstarrt sie zu einer glasartigen Masse von entwässertem Alaun. Das Pulver des so erhaltenen Präparates kann zur Herstellung von Feuerwerkssätzen verwendet werden, welche mit blauen oder violetten Flammen abbrennen. — Der nicht entwässerte Alaun wird zur Präparirung der Raketenhülsen verwendet, wovon später gesprochen werden wird.

Baryum-Verbindungen.

Die Verbindungen des Baryum-Metalles sind für den Pyrotechniker von großer Wichtigkeit, indem sie zur Herstellung dunkelgrüner Flammen dienen und die Baryt-Salze die Flamme ausnehmend schön färben. Die Baryum-Salze sind zwar im Handel zu haben, aber zu so hohen Preisen, daß es die Mühe lohnt, die Verbindungen selbst zu bereiten. In der Natur finden sich mehrere Baryum-Verbindungen vor; die verbreitetsten derselben sind das Baryum-Carbonat (das Mineral Witherit) und das Baryum-Sulfat (das Mineral Schwerspath).

Als Ausgangspunkt zur Darstellung der Baryums-Präparate wählt man gewöhnlich Schwerspath oder Baryum-Sulfat $BaSO_4$. Dieses Mineral ist unlöslich, muß also erst in lösliche Form übergeführt werden, um aus ihm die verschiedenen Salze herstellen zu können; man verwandelt es vorerst in Schwefelbaryum BaS. Dies geschieht auf folgende Art:

Man mengt den auf's feinste gepulverten Schwerspath mit Kohlenpulver, setzt dem Gemenge so viel Kleister zu, daß ein dicker Teig entsteht, und formt aus diesem Kugeln von der Größe einer Kirsche. Diese Kugeln werden scharf getrocknet und in einem Tiegel sehr starker Weißgluth

Digitized by Google

ausgesetzt. Durch die sauerstoffentziehende Wirkung der Kohle wird das Baryum-Sulfat $BaSO_4$ in Baryum-Sulfid BaS oder in Schwefel-Baryum verwandelt.

$$BaSO_4 + C_2 = BaS + 2CO_2.$$

Das Schwefelbaryum wird durch Auflösen in Salzsäure in Chlorbaryum, Baryum chloratum, BaCl oder in Salpetersäure in Baryum-Nitrat, Barium nitricum $BaNO_3$ verwandelt.

Das Baryum-Nitrat,

Baryum nitricum $BaNO_3$, bildet farblose, luftbeständige Krystalle, deren Pulver Feuerwerkssätzen die Eigenschaft ertheilt, mit dunkelgrüner Flamme abzubrennen.

Baryum-Chlorat,

Baryum Chloricum, chlorsaurer Baryt $BaClO_3$, ist unter allen Baryum-Präparaten dasjenige, welches den Flammen die herrlichste grüne Färbung ertheilt und wird daher, obwohl die Darstellung desselben ziemlich umständlich ist, häufig angewendet. Am einfachsten stellt man diesen Satz nach dem Böttcher'schen Verfahren dar. Man löst $8^1/_2$ Gewichtstheile Natrium-Chlorat in Wasser und fügt dieser Auflösung eine andere zu, welche aus 6 Theilen Oxalsäure und 18 Theilen Wasser bereitet wurde; letztere Auflösung muß heiß angewendet werden. Nach 24 Stunden trennt man die Flüssigkeit durch Abgießen von den Krystallen und versetzt sie so lange mit frischgefälltem Baryum-Carbonat als noch ein Aufbrausen erfolgt. Die Lösung wird auf die Hälfte eingedampft und abgekühlt, wobei sich noch Krystalle von oxalsaurem Natron abscheiden; die von diesen Krystallen abgegossene Flüssigkeit wird nun so stark eingedampft, bis sich an ihrer Oberfläche eine Salzhaut zu bilden anfängt, sodann unter Rühren

abgekühlt und die Kryſtalle in einem unten mit Baumwolle verſtopften Trichter abtropfen gelaſſen und getrocknet. Die ablaufende Flüſſigkeit, welche eine geſättigte Löſung von Baryum-Chlorat in Waſſer iſt, wird bei einer neuen Operation mit verarbeitet.

Das zur Sättigung der Flüſſigkeit erforderliche Baryum-Carbonat ſtellt man dar, indem man eine Löſung von Baryum-Nitrat ſo lange mit Sodalöſung verſetzt, als noch ein Niederſchlag entſteht und letzteren mit deſtillirtem Waſſer auswäſcht.

Das Baryum-Chlorat bildet farbloſe Kryſtalle, welche ſich ſehr leicht in Waſſer löſen. Mit brennbaren Stoffen verpufft das Baryum-Chlorat, wie alle Salze der Chlorſäure, ſehr kräftig; mit Schwefel unter ſtarker Exploſion und unter Entwicklung eines prachtvoll dunkelgrünen Lichtes.

Strontium-Verbindungen.

Das Strontium Sr iſt ein Metall, welches mit dem Baryum die größte Aehnlichkeit in ſeinen chemiſchen Eigenſchaften beſitzt; es zeichnet ſich aber vor dieſem dadurch aus, daß es in ſeinen Verbindungen den Flammen die herrlichſte purpurrothe Färbung verleiht. Da die Strontium-Verbindungen im Handel noch theurer ſind, als jene des Baryums, ſo iſt es dem Pyrotechniker zu empfehlen, dieſelben für ſeine Zwecke aus dem Rohmateriale darzuſtellen. Das Strontium findet ſich in einem Minerale, welches Cöleſtin genannt wird, aus Strontium-Sulfat beſteht und unlöslich iſt.

Man bereitet die Strontium-Verbindungen genau ſo, wie es bei den Baryum-Verbindungen beſchrieben wurde, durch Glühen von gepulvertem Cöleſtin mit Kohle und Auflöſen des entſtandenen Schwefel-Strontiums in Säuren.

Das Chlor-Strontium

Strontium chloricum $Sr\,Cl_2$, durch Lösen des Schwefel-Strontiums in Salzsäure und Eindampfen der Lösung in Krystallen erhalten, kann nur in weingeistiger Lösung zu Feuerwerkszwecken verwendet werden, da es an der Luft sehr zerfließlich ist.

Das Strontium-Nitrat,

Strontium nitricum $Sr_2\,N\,O_3$, wird dadurch erhalten, daß man die mit Salpetersäure bereitete Lösung des Schwefel-Strontiums stark eindampft und mit Weingeist versetzt; das herausfallende Krystallmehl wird rasch getrocknet und in gut geschlossenen Gefäßen aufbewahrt. Es muß besondere Sorgfalt darauf verwendet werden, dieses Salz in gut verschlossenen Gläsern zu bewahren, da es aus der Luft rasch Feuchtigkeit anzieht und dann ein schlechtes Abbrennen des Feuerwerksatzes bedingen würde.

Strontium-Carbonat,

Strontium-carbonicum $Sr_2\,C\,O_3$, wird als weißes nicht Feuchtigkeit anziehendes Pulver erhalten, wenn man einer Auflösung von Strontium-Nitrat oder Chlor-Strontium so lange von einer Sodalösung zusetzt, als noch ein weißer Niederschlag entsteht, letzteren auf einem Filter sammelt, mit destillirtem Wasser auswäscht und trocknet. Rasch abbrennenden Feuerwerkssätzen beigemischt, ertheilt das Strontium-Carbonat diesen eine rothe Färbung; wegen der geringeren Flüchtigkeit dieses Salzes ist aber die Färbung nie so intensiv, wie bei Anwendung von Strontium-Nitrat.

Eisen,

Ferrum, Fe. In der Feuerwerkerei findet nur das Eisen als solches Anwendung und zwar in Form von Feilspänen.

Man verwendet sowohl Feilspäne von Schmiedeeisen, als auch von Gußeisen und Stahl. Erstere ertheilen den Feuerwerkssätzen ein mehr röthliches, letztere aber ein rein weißes Licht und dienen zur Anfertigung der sogenannten Brillantfeuer.

Man verwendet sehr feine Feilspäne oder Eisenmehl — Limatura ferri alcoholisata — und gröberes Pulver. Man erhält diese verschiedenen Pulver, wenn man die Feilspäne zuerst durch Leinwand und dann durch verschiedene Siebe gehen läßt, von denen das nachfolgende immer weitere Maschen besitzt als das erstere. — Von Wichtigkeit ist es, nur ganz blanke rostfreie Späne zu verwenden und diese in trockenen fest verschlossenen Gläsern aufzubewahren. Rostige Späne liefern wenig Wirkung, da ja letztere darauf beruht, daß das Eisen in dem Feuerwerkssatze zur Verbrennung gelangt.

Mangan-Verbindungen.

Von den Verbindungen dieses Metalles ist es vorzüglich eine, welche eine ziemlich ausgedehnte Anwendung in der Pyrotechnik findet; es ist dies das Manganhyperoxyd MnO_2. — Im Handel kommt dasselbe häufig als Braunstein oder Pyrolusit vor, da es in großen Massen zur Fabrikation des Chlors verwendet wird. — Der Braunstein ist ein Mineral von dunkler meist eisenschwarzer Farbe und mäßiger Härte. In der Feuerwerkerei wird der Braunstein immer in Pulverform angewendet; man findet zwar im Handel gepulverten Braunstein, welcher aber bisweilen so stark verunreinigt ist, daß er für unsere Zwecke unbrauchbar erscheint. Man thut daher am besten, den Braunstein in Stücken zu kaufen und selbst zu pulvern, wobei man Stücke, die mit anderen Mineralien verwachsen sind, ausscheidet, weil

Digitized by Google

der Braunstein eben durch diese Beimengungen verunreinigt wird. Der Braunstein hat eine Eigenschaft, welche ihn für den Pyrotechniker sehr schätzenswerth macht; er giebt nämlich in der Glühhitze einen Theil seines Sauerstoff-Gehaltes ab und verwandelt sich in Manganoxyduloxyd. $Mn_3 O_4$

$$3\ (Mn\ O_2) = Mn_3\ O_4 + O_2$$

Wenn man daher einem Feuerwerksatze Braunstein zumischt, so wird derselbe in Folge der Sauerstoffentwicklung, die beim Entzünden des Salzes erfolgt, sehr kräftig und unter Entwicklung von sehr hellem Lichte abbrennen.

Andere Manganverbindungen finden in der Feuerwerkerei keine besondere Anwendung, da denselben keine die Flamme färbenden Eigenschaften zukommen und der Braunstein nur als ein sehr billiges, die Verbrennung beförderndes Mittel benützt wird.

Nickel-Verbindungen

finden in beschränktem Maße in der Feuerwerkerei zur Anfertigung von farbigen Feuern Anwendung.

Das Nickel-Nitrat

$Ni\ NO_3$ stellt man dar, indem man Nickelmetall in Salpetersäure auflöst, die Lösung vorsichtig zur Trockene verdampft und die grüne Salzmasse sofort in luftdicht verschlossene Gefäße bringt. Diese Vorsicht ist nothwendig, weil das Nickel-Nitrat an der Luft ungemein leicht zerfließt; Feuerwerkssätze, welche man mit Hilfe dieses Körpers oder anderer zerfließlicher Salze anfertigt, müssen unmittelbar, nachdem die Mischung bereitet ist, auf Feuerwerkskörper verarbeitet werden und sollen diese auch nur kurze Zeit vor der Verwendung angefertigt werden, weil sie bei längerem

Aufbewahren trotz aller Vorsichtsmaßregeln dennoch aus der Luft Wasser anziehen und ganz unbrauchbar werden könnten.

Das Nickelglas.

Das Nickelglas ist eigentlich ein Doppelsalz des Nickels und wird dargestellt, wenn man Nickel-Nitrat mit entwässertem Borax mischt und das Gemenge in einem hessischen Schmelztiegel bei ziemlich starkem Feuer schmilzt. Wenn man die geschmolzene Masse durch Eingießen in kaltes Wasser rasch abkühlt, so wird sie spröde und läßt sich dann leicht pulvern. Das Nickelglas wird ähnlich wie das Nickel-Nitrat zu farbigen Feuern verwendet.

Kobalt-Verbindungen.

Das Kobaltmetall ist in seinen Eigenschaften dem Nickelmetalle nahe verwandt und zeigen auch die Verbindungen beider große Aehnlichkeit in ihrem chemischen Verhalten. Die Kobalt-Verbiudungen dienen zu Farbenfeuern, haben aber auch die für den Pyrotechniker sehr unliebsame Eigenschaft, aus der Luft Wasser so begierig anzuziehen, daß sie in kurzer Zeit zerflossen sind. Nur das Kobaltsulfat $Co\,So_4$ macht hiervon eine Ausnahme, indem es luftbeständig ist.

Man stellt die Kobalt-Verbindungen am zweckmäßigsten aus dem Minerale Speiskobalt dar, indem man dieses in einem gut ziehenden Windofen (es entwickeln sich hierbei Arsenikdämpfe!) glüht oder röstet. Den Rückstand pulvert man gröblich und vermischt ihn mit englischer Schwefelsäure zu einem dicken Brei, den man abermals, aber nur schwach glüht. Diese Masse wird mit destillirtem Wasser behandelt, wobei sich Kobaltsulfat, welches in schwacher Glühhitze nicht zerlegt wird, auflöst. Gleichzeitig gehen aber arsensaure Salze in Lösung. Man setzt vorsichtig

Digitized by Google

Sodalösung zu, so lange ein gelblicher Niederschlag entsteht; sobald auf weiterem Zusatz ein blauer Niederschlag entsteht, setzt man keine Sodalösung mehr zu, sondern filtrirt die Flüssigkeit ab, welche fast ganz reines Kobaltsulfat enthält. Will man dieses Salz darstellen, so dampft man die Flüssigkeit stark ein und trocknet die entstehenden blaßrothen Krystalle.

Sollen andere Kobalt-Verbindungen dargestellt werden, so versetzt man die filtrirte Lösung so lange mit Sodalösung, als noch ein Niederschlag von blauem Kobalt-Carbonat entsteht, welchen man auswäscht und entweder in Salpetersäure oder in Salzsäure auflöst, je nachdem man Kobalt-Nitrat oder Chlorkobalt bereiten will.

Zink-Verbindungen.

Das Zinkmetall selbst, sowie seine Verbindungen haben die Eigenschaft den Feuerwerkssätzen ein helles blendend weißes Licht zu ertheilen und werden demnach sowohl Zink als Zinkverbindungeu ziemlich häufig in der Feuerwerkerei verwendet.

Das Zink

(Zincum) Zn, kommt im Handel in Form eines bläulich-weißen Metalles vor, welches geschmolzen und dann stark erhitzt, mit blendender bläulich weißer Flamme zu einem rein weißen Pulver (Zinkweiß) verbrennt. Das Zink muß in der Feuerwerkerei stets in Form eines feinen Pulvers angewendet werden. Obwohl ziemlich spröde, besitzt das Zinkmetall dennoch nicht genug Sprödigkeit, um sich im Mörser pulvern zu lassen; doch ist es durch Anwendung eines besonderen Kunstgriffes möglich, das Zink in ein ganz feines Pulver zu verwandeln. Wenn man nämlich Zink erhitzt, so

Digitized by Google

wird es zwischen 110 und 150 so dehnbar, daß es sich in sehr dünne Bleche auswalzen und zu Draht ziehen läßt; erhitzt man hingegen stärker, auf etwa 200 Grade, so wird es so spröde, daß man es im Mörser pulvern kann.

Um Zink auf diese Weise zu pulvern, verwendet man einen gußeißernen Mörser, um welchen man glühende Kohlen legt und in welchen man einige Zinkstücke giebt. Sehr zweckmäßig lassen sich die kleinen Abschnitzel von Zinkblech hierzu verwenden, welche man bei jedem Klempner kaufen kann. Sobald man sich durch versuchweises Stoßen mit der Mörserkeule überzeugt hat, daß die Temperatur eingetreten, bei welcher das Zink spröde wird, wirft man eine Handvoll Abschnitzel in den Mörser, verwandelt sie in Pulver, setzt neuerdings Zinkstücke zu und so fort. Das im Mörser enthaltene Pulver wird durch Sieben in verschieden grobes Pulver sortirt. Hat man Zinkfeilspäne zur Verfügung, so kann man diese unmittelbar durch Sieben sortiren.

Das Zink-Sulfat

Zinkvitriol (Zincum sulfuricum) $Zn\,SO_4$, kommt zu sehr billigen Preisen in den Handel und zwar entweder in Form farbloser luftbeständiger Krystalle oder einer weißen zuckerähnlichen Masse. Für pyrotechnische Zwecke muß es von seinem Krystallwasser befreit werden, was durch Erhitzen in Steinzeugschalen geschieht. Man darf aber das Erhitzen nicht weiter treiben, als bis die Anfangs geschmolzene Masse wieder ganz fest geworden ist, da sich das Zink-Sulfat in stärkerer Hitze zerlegt.

Wismuth-Verbindungen

finden in der Feuerwerkerei zu farbigen Sätzen Anwendung; man benützt sowohl Wismuth-Nitrat als auch Wismuth-Oxyd.

Digitized by Google

Das Wismuth-Nitrat

(Bismuthum nitricum), oder basisch salpetersaure Wismuth-Oxyd wird auf die Weise dargestellt, daß man Wismuthmetall in starker Salpetersäure auflöst und die Lösung in ein Gefäß mit Wasser gießt. Es entsteht augenblicklich ein blendend weißer schwerer Niederschlag (Wismuthweiß), der sich rasch zu Boden setzt; man prüft durch Zusatz von etwas Wasser zur klar gewordenen Flüssigkeit, ob nicht noch ein Niederschlag entsteht, gießt die Flüssigkeit ab, und trocknet das Wismuth-Nitrat. Die Flüssigkeit, welche auch noch Wismuth enthält, wird stark eingedampft und bei einer nächsten Operation mit der Lösung des Metalles dem Wasser beigemischt.

Das Wismuth-Oxyd

wird erhalten, wenn man Wismuth-Nitrat glüht. Es bildet ein citronengelbes Pulver, welches beim Erhitzen pomeranzengelb wird.

Antimon-Verbindungen,

Das Antimon und seine Verbindungen sind für den Pyrotechniker sehr wichtig, indem sie dazu dienen, blendend weißes Licht hervor zu bringen.

Antimon.

Spießglanzmetall (Antimonium metallicum, oder Stibium) Sb, bildet ein stark glänzendes Metall von sehr hervortretendem krystallinischen Gefüge, welches seinen Glanz an der Luft nicht verliert und so spröde ist, daß es leicht im Mörser in das feinste Pulver verwandelt werden kann. Wenn man Antimon über seinen Schmelzpunkt erhitzt, so fängt es Feuer und verbrennt unter Entwickelung dicker

Digitized by Google

weißer Dämpfe mit hellleuchtender Flamme zu Antimon-Oxyd. Feingepulvertes Antimon-Metall Feuerwerksſätzen beigemiſcht, macht dieſelben mit blendend weißer Farbe verbrennen. Im Handel wird häufig das Schwefel-Antimon kurzweg als Antimon bezeichnet; um Verwechslungen vorzubeugen, verlange man immer Antimon-Metall.

Antimon-Sulfid,

Dreifach-Schwefelantimon, Spießglanz, Antimonium crudum Antimonium stellatum $Sb\,S_3$, iſt ein an manchen Orten ziemlich häufig vorkommendes Mineral, welches in Geſtalt langer ſpießförmig gruppirter Nadeln von bleigrauer Farbe und ſtarkem Glanze — daher der Name Spießglanz oder Grauſpießglanz — vorkommt. Das im Handel vorkommende ſogenannte Antimonium crudum iſt Grauſpießglanz, welches durch Ausſchmelzen von den fremden Geſteinen getrennt (Ausſaigern) und in Töpfen zum Erſtarren gebracht wird. Das geſchmolzene Schwefel-Antimon bildet Blöcke, welche an ihrer Oberfläche nicht ſelten eine ſternförmige Zeichnung zeigen, daher der Name Antimonium stellatum.

In Bezug auf ſeine chemiſchen Eigenſchaften iſt das Schwefel-Antimon ein für den Pyrotechniker ſehr ſchätzenswerther Körper, weil es das billigſte Materiale zur Herſtellung grell leuchtender weißer Flammen iſt. Kein zweiter in der Feuerwerkerei verwendeter Körper kann aber ſo gefährlich werden, wie dieſer. Es wurde ſchon bei der Beſprechung des Kalium-Chlorates hervorgehoben, daß dieſes Salz mit Dreifach-Schwefel-Antimon auf das heftigſte explodire. Es muß daher ein Mörſer, in welchem einer dieſer Körper gepulvert worden, ſofort auf das vollſtändigſte gereinigt werden, wenn nicht die Möglichkeit eines bedeutenden Unfalles vorhanden ſein ſoll.

Wenn nur z. B. eine winzig kleine Menge von Schwefel-Antimon im Mörser zurückbliebe, so könnte diese Veranlassung zu einer heftigen Explosion geben, wenn in diesem Mörser Kalium-Chlorat oder ein Feuerwerkssatz, welcher Kalium-Chlorat enthält, gerieben oder gepulvert wurde. Mischungen aus Kalium-Chlorat und Spießglanzpulver können, wie schon erwähnt, nur in sehr kleinen Quantitäten und mit Vermeidung jeder Reibung oder jeden Druckes bereitet werden.

Arsen-Verbindungen.

Von den Verbindungen des Arsens werden besonders das Zweifach-Schwefelarsen oder Realgar und das Dreifach-Schwefelarsen oder Auripigment in der Feuerwerkskunst angewendet.

Das Realgar

bildet schön morgenroth gefärbte Krystalle, welche früher als Malerfarbe verwendet wurden, jetzt aber, wegen ihrer Giftigkeit, nicht mehr zu diesem Zwecke benützt werden, sondern nur einige Anwendung in der Feuerwerkerei zur Herstellung von Weißfeuer finden.

Das Auripigment

erscheint in Form von schön citrongelben krystallinischen Massen im Handel, es wurde früher ebenfalls als Malerfarbe benützt und findet in der Pyrotechnik die gleiche Verwendung mit dem Realgar.

Beide Präparate sind wegen ihres Arsengehaltes gefährliche Gifte und muß bei ihrer Verarbeitung deshalb die Vorsichtsmaßregel beobachtet werden, das Materiale beim Pulvern mit Weingeist zu befeuchten, um das Verstäuben der gefährlichen Substanz zu verhüten. Es sei hier auch

erwähnt, daß Feuerwerkssätze, welche Arsenikverbindungen, oder andere Stoffe enthalten, die giftige Dämpfe liefern, nur im Freien abgebrannt werden dürfen, nie aber zur Herstellung von Zimmer- oder Theater-Feuerwerk verwendet werden sollen, da in den geschlossenen Räumen kein rascher Luftwechsel möglich ist, und das Einathmen der giftigen Dämpfe von sehr nachtheiligen Folgen für die Gesundheit begleitet sein kann.

Zinn-Verbindungen.

Das einzige Zinnpräparat, welches in der Feuerwerkskunst Anwendung findet, ist das Zinnsulfid $Sn S_2$. Man stellt es am einfachsten dar, wenn man in einem entsprechenden Gefäße (hoher Tiegel) Schwefel schmilzt, zum Sieden erhitzt und in den siedenden Schwefel Zinnstückchen einwirft, bis der Schwefel nahezu verschwunden ist. Ist dieser Zeitpunkt eingetreten, so erhitzt man stärker, damit die ganze Masse in Fluß gerathe und läßt den Tiegel langsam erkalten. Beim Zerbrechen des Tiegels findet man in demselben eine stark krystallinische und harte Masse von Schwefelzinn und unter derselben gewöhnlich einen Klumpen von Zinnmetall. Das Schwefelzinn dient zur Hervorbringung farbiger, besonders blauer Flammen.

Blei-Verbindungen.

Das Blei (Plumbum) Pb wird zwar nicht im metallischen Zustande, wohl aber in mehreren seiner Verbindungen in der Feuerwerkerei angewendet.

Die Mennige,

Minium $Pb_3 O_4$, ist eine Sauerstoff-Verbindung des Bleis, kommt im Handel in Gestalt eines schweren rothen Pulvers

Digitized by Google

vor, das häufig zu Kitt und Anstrichfarben, in der Feuerwerkerei zur Hervorbringung weißer Flammen dient.

Die Bleiglätte,

Glätte (Lythargyrum) Pb O, ein mehr oder weniger röthlichgelb gefärbtes schweres Pulver ist gleich der Mennige ein Bleioxyd, welches den Feuerwerkssätzen die Eigenschaft ertheilt, unter starkem Funkensprühen zu verbrennen.

Das Blei-Nitrat,

Plumbum nitricum $PbNO_3$, wird durch Auflösen von Bleiglätte in Salpetersäure und Eindampfen der Lösung in Krystallen erhalten. Das Blei-Nitrat liefert in schnell abbrennenden Sätzen eine schön blauweiß gefärbte Flamme.

Außer den vorstehend angeführten Bleiverbindungen benützt man in der Feuerwerkerei noch mehrere andere Bleipräparate, welche aber nicht directe zu Feuerwerkssätzen verwendet werden, sondern hauptsächlich zum Unverbrennlichmachen der Raketenhülsen oder zum Beizen der Lunten dienen. Da diese Präparate demnach unter die Hilfsmaterialien gehören, so werden wir sie auch bei diesen besprechen.

Kupfer-Verbindungen.

Obwohl ein schwer schmelzbares Metall, besitzt das Kupfer dennoch die Eigenschaft, die Flamme sehr intensiv zu färben, wie man sich überzeugen kann, wenn man einen Kupfergegenstand in's Feuer hält. In noch höherem Grade kommt diese Eigenschaft den Verbindungen des Kupfers zu und werden diese daher mannigfach in der Feuerwerkerei verwendet.

Kupfer-Metall,

Cuprum metallicum Cu, wird in Form feiner Feilspäne angewendet. Wenn solche nicht zur Verfügung stehen, kann

man leicht Kupfer in einem hohen Grade der Vertheilung erhalten, wenn man eine Lösung von Kupfersulfat mit Eisen schüttelt, wobei sich metallisches Kupfer in Form sehr feiner Blättchen abscheidet. Man wäscht und trocknet dieselben und bewahrt sie in gut verschlossenen Gläsern. Kupferspäne einem Feuerwerkssatze beigegeben, bewirken, daß derselbe unter Auswerfen smaragdgrüner Funken verbrennt.

Hier ist auch der Ort, der Messingspäne Erwähnung zu thun; das Messing ist ein aus Kupfer und Zink bestehendes Metallgemisch, welches beim Verbrennen in Feuerwerkssätzen blaßgrüne Flammen von sehr zarter Färbung liefert.

Kupfersulfat,

Kupfervitriol, Cuprum oxydatum sulphuricum $CuSO_4$, wird in der Feuerwerkerei zu Farbenfeuern angewendet. — Es bildet große, schön himmelblaue Krystalle, welche beim Erhitzen unter Wasserabgabe weiß werden (sogenannter calcinirter Kupfervitriol). Der calcinirte Kupfervitriol muß in wohlverschlossenen Gefäßen bewahrt werden, da er sehr energisch Wasser aus der Luft anzieht, und wieder zu blauem Kupfervitriol wird. Der Kupfervitriol bildet den Ausgangspunkt zur Herstellung einer Anzahl von Kupfer-Verbindungen, während einige derselben direct aus metallischem Kupfer bereitet werden.

Kupfersulfid,

Cuprum sulphuratum CuS. Man stellt dieses Präparat durch Verbrennen von Kupfer in Schwefeldampf auf die Weise dar, daß man Schwefel in einem größeren Steinzeugtopfe schmilzt und zum Sieden erhitzt. In den kochenden Schwefel trägt man feine und ganz blanke Kupfer-Feilspäne ein, so lange diese mit schön rothem Lichte verbrennen. —

Digitized by Google

Wenn sich keine Feuererscheinung mehr zeigt, so erhitzt man so stark, daß aller noch vorhandene Schwefel verdampft und findet dann in dem Gefäße eine poröse spröde Masse von schwarzer Farbe, die sofort gepulvert und in verschlossenen Gefäßen aufbewahrt wird. — Das Schwefelkupfer findet in der Feuerwerkerei vielfache Anwendung zur Herstellung von farbigen Flammen.

Kupfercarbonat,

Cuprum carbonicum, kohlensaures Kupferoxyd $CuCO_3$ wird dargestellt, indem man eine Lösung von Kupfervitriol in destillirtem Wasser so lange mit Sodalösung versetzt, als noch ein blaugrüner Niederschlag entsteht, welchen man auswäscht und trocknet. — In der Natur findet sich Kupfercarbonat in zwei Mineralien, in dem grünen Malachit und der azurblauen Kupferlasur, welch' letztere in gepulvertem Zustande unter dem Namen Mineralblau oder Bergblau vielfache Anwendung in der Malerei findet und auch anstatt des künstlich dargestellten Kupfercarbonates in der Feuerwerkerei zu blauen Flammen, welche aber nie sehr dunkelfarbig sind, angewendet werden kann.

Kupferchlorid,

Cuprum chloricum $CuCl_2$, wird durch Auflösen von Kupfercarbonat oder von Bergblau in Salzsäure und Eindampfen der Lösung zum Trocknen in Form einer braungelben Salzmasse erhalten, welche Flammen intensiv grün färbt.

Kupferammon-Sulfat.

Wenn man eine Lösung von Kupfersulfat in Wasser mit Ammoniaklösung versetzt, so entsteht zuerst ein hellblauer Niederschlag, der sich auf Zugabe von mehr Ammoniak mit

Digitized by Google

herrlich lasurblauer Farbe auflöst. Wenn man die so erhaltene Flüssigkeit freiwillig an der Luft verdampfen läßt, so erhält man große lasurblaue Krystalle von Kupfersulfat-Ammon, welche besonders zur Herstellung von Blaufeuern angewendet werden.

Kupfernitrat,

Cuprum nitricum $Cu\,CO_3$, läßt sich zwar leicht durch Auflösen von Kupfer in Salpetersäure und Eindampfen der Lösung in schön blauen Krystallen erhalten, welche die Flamme sehr schön blau färben, aber außerordentlich leicht zerfließlich sind.

Kupferammon-Nitrat.

Man stellt dieses Präparat durch Auflösen von Kupfer in Salpetersäure, Eindampfen der Lösung auf die Hälfte ihres Volumens und Versetzen derselben mit Ammoniak-Flüssigkeit dar. Man fügt so lange Ammoniak zu, bis sich der Anfangs entstandene blaue Niederschlag wieder gelöst hat und die ganze Flüssigkeit eine dunkel azurblaue Farbe angenommen hat. Das Gefäß mit der Flüssigkeit wird sodann mit Löschpapier bedeckt, an einem ruhigen Ort durch einige Wochen aufgestellt; bei der freiwilligen Verdampfung der Flüssigkeit scheiden sich aus derselben prachtvoll blau gefärbte Krystalle von Kupferammon-Nitrat aus, welche vor dem Kupfernitrat die schätzenswerthe Eigenschaft voraus haben, daß sie nicht zerfließlich sind.

Kupferacetat,

essigsaures Kupferoxyd, Grünspan (Cuprum aceticum) wird durch Lösen von Kupfer in starkem Essig und Verdampfen der Flüssigkeit bei niederer Temperatur dargestellt; kommt aber auch im Handel als „krystallisirter Grünspan“ in Form

Digitized by Google

von blaßgrünen nadelförmigen Kryſtallen vor und dient zur Anfertigung von Feuerwerksſätzen, welche mit blauer Farbe abbrennen.

Kupferphosphat,

phosphorſaures Kupferoxyd, Cuprum phosphoricum, erhält man als grünen Niederſchlag, wenn man eine Löſung von Kupfervitriol mit einer Löſung von phosphorſaurem Natron (welches im Handel zu haben iſt) verſetzt.

Kupferarſenat,

arſenigſaures Kupferoxyd, Scheel'ſches Grün, Cuprum arsenicum, wird als ſchön grüner Niederſchlag erhalten, wenn man eine concentrirte Kupfervitriol-Löſung mit einer Löſung von arſenigſaurem Natron verſetzt. Das arſenigſaure Natron ſtellt man dar, wenn man weißen Arſenik mit Natronlauge kocht.

Sowohl das phosphorſaure, als das arſenigſaure Kupferoxyd dienen zur Herſtellung von blau brennenden Feuerwerksſätzen.

Queckſilber-Verbindungen.

Das Queckſilber, Mercurius vivus, Hydrargyrum, Hg, wird in der Feuerwerkerei zur Herſtellung mancher Präparate verwendet. Das Queckſilber-Zinkamalgam z. B. giebt ein prachtvoll weißes Licht. Man ſtellt dieſes Amalgam (die Verbindungen von Metallen mit Queckſilber heißen Amalgame) durch Erhitzen von Queckſilber in einer Porzellanſchale und Eintragen von Zinkpulver in dasſelbe dar. Man fährt mit dem Zuſatze von Zink ſo lange fort, bis eine Probe kryſtalliniſch erſtarrt.

Chlorqueckſilber,

Calomel, Hydrargyrum chloratum Hg_2Cl, wird dadurch dargeſtellt, daß man 1 Gewichtstheil Queckſilber in Salzſäure auflöſt; die Löſung vorſichtig zum Trocknen verdampft mit 1 Gewichtstheil Queckſilber (wegen des Staubens der giftigen Verbindung unter Befeuchten mit Weingeiſt) zuſammenreibt, die Maſſe in eine Porzellanſchale bringt, auf welche eine zweite umgekehrt geſetzt iſt, und vorſichtig erhitzt. — Das Clorqueckſilber verflüchtigt ſich in der Hitze und ſetzt ſich in Form von kryſtalliniſchen Maſſen in der als Deckel dienenden Schale an — es ſublimirt und bildet dann eine weiße, ſchwere, faſerig kryſtalliſirte Subſtanz.

Das Chlorqueckſilber hat die merkwürdige Eigenſchaft, die Farbenwirkung mancher Feuerwerksſätze bedeutend zu erhöhen, und wird deshalb vielfach in der Pyrotechnik angewendet.

Chlorqueckſilber-Chlorammon,

weißer Präcipitat, Mercurius praecipitatus albus, wird erhalten, wenn man eine Löſung vorſichtig mit Ammoniakflüſſigkeit verſetzt, bis der eigenthümliche Ammoniakgeruch ſchwach hervortritt. Es entſteht hierbei ein weißer Niederſchlag, der ausgewaſchen und getrocknet wird. — In Feuerwerksſätzen bewirkt er eine ſchöne hellrothe Färbung der Flamme.

Queckſilber-Sulfid,

Zinnober, Cinnabari oder Hydrargyrum sulphuratum HgS, iſt der bekannte ſcharlachrothe Farbſtoff. — In der Pyrotechnik wird er wie die anderen Queckſilber-Präparate zu Farbenfeuern verwendet.

Im Vorſtehenden haben wir in Kürze jene chemiſchen Präparate beſchrieben, welche unmittelbar zur Herſtellung

Digitized by Google

von Feuerwerkssätzen dienen; wir kennen aber auch einige Substanzen, welche weder Elemente noch Metallverbindungen im weiteren Sinne des Wortes sind, sondern unter die sogenannten organischen Verbindungen gehören, und in der Pyrotechnik angewendet werden und lassen nachstehend eine gedrängte Schilderung der wichtigsten von ihnen folgen.

B. Organische Verbindungen.

Die für den Feuerwerker wichtigsten organischen Verbindungen sind die sogenannten Nitro-Verbindungen, deren schon bei der Salpetersäure Erwähnung gethan wurde; sie entstehen durch Einwirkung von Salpetersäure auf gewisse organische Stoffe, wie Pflanzenfaser oder Cellulose, Holzfaser, Mannazucker und Glycerin. Die auf diese Weise entstehenden Verbindungen sind in Folge ihres Sauerstoffreichthumes im höchsten Grade verbrennbar und erfolgt die Verbrennung meistens unter heftiger Explosion.

Der bei der Bildung von Nitro-Verbindungen stattfindende Vorgang ist der, daß aus der organischen Verbindung Wasserstoff austritt, welcher durch die aus der Salpetersäure entstehende Verbindung Nitryl ersetzt wird.

Die Schießbaumwolle.

Die Schießbaumwolle oder Nitro-Cellulose, der wichtigste aller Nitrokörper, dient in der Pyrotechnik zur Bereitung von ausgezeichneten Zündfäden, welche momentan das Feuer selbst an entfernte Orte verpflanzen. Man stellt sie auf folgende Weise dar:

Man nimmt Strähne von locker gesponnener Baumwolle und taucht sie durch einige Minuten in eine kochende Lösung von 1 Theil Soda in 100 Theilen Wasser; dies bezweckt, die geringe Fettmenge, welche der Baumwolle

anhaftet, zu entfernen. — Die Baumwolle wird sodann etwa zehnmale in stets erneuertem destillirten Wasser ausgewaschen, zuerst an der Luft, dann aber unter Anwendung von Wärme sehr scharf getrocknet.

Man mischt sodann reine Salpetersäure, welche vollkommen frei von Salzsäure sein muß, mit Schwefelsäure. Die Concentration der Säuren ist von höchster Wichtigkeit für das Gelingen der Operation. Die Salpetersäure muß eine Dichte von 1,490 und die Schwefelsäure eine solche von 1,833 besitzen. Man vermischt 3 Gewichtstheile Salpetersäure mit 1 Gewichtstheile Schwefelsäure in einem Steinzeugtopfe und läßt das Gemisch, welches sich bedeutend erwärmt, so lange stehen, bis es wieder auf die gewöhnliche Temperatur abgekühlt ist.

Die Operation des Nitrirens der Baumwolle geschieht auf die Weise, daß man die vollständig trockene Baumwolle mittelst eines starken hakenförmig gebogenen Glasstabes in die Flüssigkeit taucht, durch Drücken mit dem Stabe vollkommen mit Flüssigkeit sättigt und sodann aushebt. Nach dem Abtropfen bringt man die Strähne in einen anderen Steinzeugtopf, wo man sie durch 24 Stunden liegen läßt. Nach Verlauf dieser Zeit — die Temperatur des Raumes, in welchem die Töpfe stehen, soll etwa 14 Grade betragen — drückt man die überflüssige Säure aus, und wirft die Schießbaumwolle in ein großes Gefäß mit Wasser, um alle Säure zu entfernen. Das Auswaschen der Baumwolle erfordert die größte Aufmerksamkeit, indem eine Schießbaumwolle, welche nicht genügend gewaschen ist, sich beim Aufbewahren freiwillig zersetzt. Wenn es die Verhältnisse gestatten, so ist es am zweckmäßigsten, die Baumwolle lose in ein Netz zu packen und dieses durch 5 bis 6 Wochen in fließendes Wasser zu hängen. Hat man solches nicht zur Verfügung, so

Digitized by Google

muß der Waschproceß durch oftmaliges Wechseln des Wassers vollzogen werden. Die gänzlich gewaschene Schießbaumwolle wird im Schatten vollständig ausgetrocknet und locker in Schachteln verpackt aufbewahrt.

Wenn man nach der hier angegebenen Vorschrift arbeitet, so erhält man stets ein Product von vorzüglichster Qualität, welches so rasch bei Berührung mit einem glühenden Körper verbrennt, daß man ein Stück der Baumwolle auf der flachen Hand abbrennen lassen kann und kaum eine Wärme-Empfindung wahrnimmt. Ein viele Meter langer Faden von Schießbaumwolle, welche auch Nitro-Cellulose oder Pyroxilin (das ist Feuerholz) genannt wird, brennt in einem Momente ab und kann daher dieses Präparat sehr vortheilhaft zur sicheren Zündung weit entfernter Feuerwerksobjecte verwendet werden.

Da die Schießwolle als das Muster aller Nitro-Verbindungen angesehen werden kann, so wollen wir hier kurz die Art der Entstehung dieses Körpers beschreiben, indem der Pyrotechniker oft in die Lage kommen kann, Auskunft über diesen und ihm verwandte Stoffe zu geben. Wir unterlassen es in diesem Werke, vom Nitro-Glycerin, Dynamit und ähnlichen explosiven Substanzen zu sprechen, indem diese nicht in das Gebiet der Feuerwerkerei gehören, sondern einen besonderen Zweig in der Lehre der explosiven Körper bilden, den man als Sprengtechnik bezeichnen kann.

Wie erwähnt, bildet reine Pflanzenfaser oder Cellulose den Ausgangspunkt zur Darstellung der Schießbaumwolle. Die Pflanzenfaser oder Cellulose besitzt die Zusammensetzung $C_6 H_{10} O_5$; bringt man diesen Körper mit Salpetersäure zusammen, so zerlegen sich drei Aequivalente der letzteren mit 1 Aequivalent Cellulose auf folgende Art:

$$C_6 H_{10} O_5 + 3H NO_3 = C_6 H_7 N_3 O_{11} + 3H_2 O.$$

Digitized by Google

Es tritt demnach aus der Cellulose Wasserstoff aus und die Verbindung Nitryl NO_2 dafür ein; letztere bringt aber eine große Menge von Sauerstoff in die Verbindung und macht sie sehr leicht zerleglich.

Auf ähnliche Weise entstehen viele Nitro-Verbindungen; wir erwähnen hier nur den Nitromannit, der durch Behandeln des Mannazuckers mit Salpetersäure entsteht, und der Pikrinsäure und des Nitro-Glycerins, welche durch Nitrirung des Benzols und des Glycerins entstehen. — Das Nitro-Glycerin ist einer der heftigst wirkenden Explosivkörper, welche in Form von Dynamit — das ist ein aus Infusorienerde und Nitro-Glycerin gebildeter Teig — als kräftiges Sprengmittel angewendet wird. Das Dynamit in Luntenform gebracht, dient auch nach einigen Vorschriften als sicherstes Mittel zur gleichmäßigen Entzündung mehrerer Feuerwerkssätze.

Obwohl das Dynamit für den genannten Zweck von ausgezeichneter Wirkung ist, so empfehlen wir die Verwendung dieses Präparates für die Lustfeuerwerkerei nicht, und zwar aus dem Grunde, weil die Anwendung des Dynamites immer mit einer gewissen Gefahr verbunden ist, und wir für jene Fälle, in welchen es sich um die gleichzeitige Zündung handelt, in den ungefährlichen Schießwollfäden ein vortreffliches Mittel besitzen, den gewünschten Zweck zu erreichen.

Die pikrinsauren Salze.

Durch Einwirkung von Salpetersäure auf eine große Reihe von Körpern, namentlich auf Benzol, auf verschiedene Harze und eingetrocknete Pflanzensäfte (das Botany-Bai-Harz ist ein solcher) bildet sich immer eine Säure, welche in gelben Nadeln krystallisirt, giftige Eigenschaften besitzt,

Digitized by Google

außerordentlich bitter ſchmeckt, und daher Pikrinſäure (Bitterſäure) genannt wurde. Da die Pikrinſäure im Handel allgemein vorkommt — ſie dient zum Gelbfärben der Seide — ſo kann man ſich die Salze derſelben ohne Schwierigkeit darſtellen. — Das wichtigſte der pikrinſauren Salze iſt für unſere Zwecke das pikrinſaure Ammon oder Ammonpikrat. Man kann es darſtellen, indem man Pikrinſäure in Ammoniak-Flüſſigkeit löſt, und die Löſung bei ſehr niederer Temperatur eindampft.

Das Ammonpikrat iſt, wie alle pikrinſauren Salze, ein höchſt explosiver Körper, der mit großer Vorſicht beim Reiben und Miſchen mit anderen Körpern behandelt werden muß. In der Pyrotechnik dient dieſes Salz zur Hervorbringung ſchön grün gefärbter Flammen und dürften die Pikrate eine ſehr ausgedehnte Anwendung in der Feuerwerkerei finden, wenn ſie einmal zu billigeren Preiſen im Handel vorkommen werden.

IV.

Von den in der Pyrotechnik verwendeten Materialien.

Der Feuerwerker verwendet eine große Anzahl von Subſtanzen, welche theils als Beimengungen zu gewiſſen Feuerwerksſätzen, theils aber auch zur Anfertigung der Hülſen für die Feuerwerkskörper, oder zu den ſogenannten Anfeuerungen und Zündern dienen. Im Nachſtehenden werden wir nur jene Materialien in Kürze beſprechen,

deren Eigenschaften nicht allgemein bekannt sind, denn es erscheint uns höchst überflüssig, über Stoffe, welche wir im gewöhnlichen Leben täglich im Gebrauche haben, wie Leinwand, Bindfaden und dergleichen etwas besonderes zu sagen.

Weingeist.

Der Weingeist, obwohl ein brennbarer Körper, dient nicht zu eigentlichen Feuerwerkszwecken, sondern wird nur indirect zu solchen verwendet. Man benützt ihn hauptsächlich als Anfeuchtungsmittel und zwar einerseits, um das Verstauben giftiger Verbindungen, wie Calomel, Auripigment u. s. w. beim Pulvern zu verhüten, andrerseits um das sogenannte Dichten eines Feuerwerkssatzes zu ermöglichen, das heißt, von dem fein gepulverten Satze möglichst viel in einem kleinen Raum zusammen zu pressen. Die letzte, wichtige Anwendung des Weingeistes ist endlich die, Substanzen, welche im trockenen Zustande gemischt, leicht auf gefährliche Weise explodiren, wie z. B. Kaliumchlorat und Spießglanzpulver, ohne Gefahr mischen zu können.

Nach dem Gesagten ergiebt sich, daß jeder Weingeist, auch nicht entfuselter, für die Zwecke der Feuerwerkerei dienen kann. Will man, daß der Satz nach dem Füllen des Feuerwerkskörpers bald austrockne, so nimmt man einen hochgradigen Weingeist, 80- bis 90percentigen Alkohol; ist das Austrocknen weniger von Belang und enthält der Feuerwerkssatz Salze, welche an und für sich wenig löslich sind, so kann man mit dem Weingeiste insoferne sparen, als man ihn durch Wasser etwa auf das doppelte Volumen bringt, oder unmittelbar starken Branntwein anwendet. Es sei übrigens hier bemerkt, daß man bei etwas leichter löslichen Salzen durch Anwendung eines zu verdünnten

Digitized by Google

Weingeiſtes einen Satz ganz verderben kann, indem ſich die Salze auflöſen und beim nachfolgenden Austrocknen des Satzes nicht mehr ſo gleichmäßig durch die ganze Maſſe des letzteren vertheilt ſind, als ſie es ſein ſollten. Man kann ſolche Feuerwerkskörper, die unter Zuſatz von Weingeiſt bereitet wurden und noch nicht ganz ausgetrocknet ſind, ohne Gefahr zu laufen, daß dieſelben nicht den gewünſchten Erfolg liefern, abbrennen. Der Weingeiſt als entzündlicher und flüchtiger Körper thut dem regelrechten Abbrennen keinen Eintrag.

Die Oele.

In der Feuerwerkerei werden verſchiedene Oele angewendet: fette und flüchtige. Von den erſtgenannten verwendet man das gewöhnliche Rüböl (Brennöl) zum Anfeuchten von Feuerwerksſätzen, welche gedichtet werden und ihre teigartige Beſchaffenheit behalten ſollen.

Die zweite Art von Oelen, die flüchtigen oder ätheriſchen Oele, werden entweder zum bloßen Befeuchten von Feuerwerksſätzen benützt, welche ſpäter austrocknen können, oder ſie dienen dazu, kleinen Feuerwerkskörpern, die im Zimmer abgebrannt werden ſollen, oder zum Füllen von Feuerwerks-Cigarren dienen, beim Abbrennen Wohlgeruch zu ertheilen.

Zum bloßen Anfeuchten von Feuerwerksſätzen bedient man ſich gewöhnlich des Terpentinöles oder des Petroleums, welches ebenfalls zu den ätheriſchen Oelen gehört; zum Wohlriechendmachen von kleinen Feuerwerkskörpern kann man alle wohlriechenden ätheriſchen Oele verwenden und benützt beſonders Kümmelöl, Thymianöl, Aniſöl und andere billigere ätheriſche Oele.

Die Harze.

Die Anwendung der Harze in der Feuerwerkerei ist eine mannigfaltige: man benützt die Harze unmittelbar als brennbare Körper für sich allein, z. B. zu Pechfackeln und Feuerpfannen, oder man mischt sie gewissen Feuerwerkssätzen bei, um ein ruhigeres und gleichförmigeres Abbrennen derselben zu erzielen, oder man setzt sie so wie die ätherischen Oele gewissen Zimmer-Feuerwerken zu, um beim Abbrennen derselben zugleich Wohlgeruch zu verbreiten.

Das am häufigsten angewendete Harz ist das gemeine Fichtenharz oder Colophonium, welches in Feuerwerkskörpern, die billiger hergestellt werden sollen, auch oft durch unreines Harz (schwarzes Pech) oder durch Asphalt (Erdharz) ersetzt werden kann.

Von jenen Harzen, welche blos des Wohlgeruches wegen in der Feuerwerkerei Anwendung finden, erwähnen wir besonders das Benzoëharz (resina Benzoë), den Storax (Styrax liquidus), den Weihrauch (Olibanum), den halbflüssigen Perubalsam u. s. w. Man kann durch geschickte Mischung verschiedener derartiger Substanzen gewissen Feuerwerkskörpern einen sehr angenehmen Geruch ertheilen.

Verschiedene an und für sich brauchbare Körper werden den Feuerwerkssätzen zugemischt, um sie gleichmäßiger und ruhiger brennen zu machen; es sind dies hauptsächlich gewöhnliches Mehl und Sägespäne. Um letztere rascher brennen zu machen, übergießt man sie mit einer Lösung von 1 Theil Salpeter in 5 Theil Wasser, läßt sie durch einige Tage mit derselben in Berührung und trocknet sie. Sägespäne, welche genügend lang mit Salpeterlösung in Berührung waren, müssen mit einem glühenden Körper

berührt, ziemlich lebhaft abbrennen und wenig Asche hinterlassen; ein langer schmaler Haufen derselben, an einem Ende angezündet, muß vollständig bis zum anderen Ende fortbrennen.

Materialien zur Anfertigung der Hülsen für Feuerwerkskörper.

Die Hülsen der Feuerwerkskörper werden gewöhnlich aus Papier angefertigt, und zwar dient hierzu weißes, glattes Schreibpapier für den Kern (dem inneren Theil der Hülse) und starkes Packpapier für den äußeren. Sehr vortheilhaft ist es, alles Papier, welches zu Hülsen dienen soll, durch eines der unten angegebenen Mittel unverbrennlich zu machen, indem man hierdurch das Eintreten der vorzeitigen Entzündung einzelner Feuerwerkskörper beim Abbrennen eines größeren Feuerwerkes ganz vermeiden kann.

Die Klebemittel.

Als Klebemittel für die Hülsen, welche im Feuerwerks-Laboratorium selbst angefertigt werden, eignet sich am besten Mehlkleister, den man durch Einrühren von Mehl in kochendes Wasser bereitet, wobei man so lange fortzukochen hat, bis die Masse gleichförmig und durchscheinend geworden ist. Der Kleister, welchen man auf diese Art erhält, besitzt große Bindekraft, hat aber den Uebelstand, bei längerem Stehen sauer und schimmelig zu werden. Man kann diesen Uebelstand jedoch dadurch gänzlich hintanhalten, daß man dem Mehle eine kleine Menge von gepulvertem Alaun beimischt, welcher die Zersetzung hindert.

Mittel zum Schutze der Hülsen gegen das Verbrennen.

Zum Unverbrennlichmachen der Hülsen bedient man sich verschiedener Körper und zwar hauptsächlich des Ammon-Sulfates, des Alaunes und des Blei-Acetates oder Bleizuckers. Absolut unverbrennlich wird das Papier durch diese Stoffe zwar nicht, aber es erhält durch sie die Eigenschaft, selbst in's Feuer gesteckt, nicht mit Flamme zu brennen, sondern nur langsam zu verkohlen. Funken, welche von schon entzündeten Feuerwerkskörpern auf solche Hülsen fallen, erlöschen, ohne eine Entzündung der letzteren herbeizuführen. Besonders wichtig ist es, die Hülsen solcher Feuerwerkskörper unverbrennlich zu machen, welche zum Aufsliegen bestimmt sind, wie die Raketen, da glühende oder gar brennende Hülsen beim Einfallen in einen Wald oder beim Auffallen auf ein Schindeldach leicht ein Schadenfeuer verursachen könnten.

Wenn man mit Alaun arbeiten will, so kocht man Alaun in Wasser, läßt die Lösung abkühlen, taucht die Papierbogen in dieselbe und hängt sie an Bindfaden zum Trocknen auf. Verwendet man Ammon-Sulfat oder Bleizucker, so löst man einen Theil des Salzes in zehn bis fünfzehn Theilen Wassers, was bei gewöhnlicher Temperatur geschieht, und taucht die Papierbogen in die Lösung. Mitunter begnügt man sich auch damit, nur jenes Papier, welches die äußerste Hülle des Feuerwerkskörpers bilden soll, unverbrennlich zu machen. Von einigen wird auch empfohlen, aus einer der genannten Salzlösungen und gewöhnlichem Töpferthon eine Art Anstrichfarbe herzustellen und mit dieser die Feuerwerkskörper zu bestreichen. Man erreicht zwar auf diese Weise den gewünschten Zweck, aber

Digitized by Google

das Anstreichen jedes einzelnen Feuerwerkskörpers ist eine ziemlich umständliche Arbeit.

Das Wasserglas.

Ein vorzügliches Mittel zum Unverbrennlichmachen der Hülsen, welches die Feuerwerkskörper zugleich bis auf einen gewissen Grad gegen die Einwirkung des Regens schützt, bietet das Wasserglas. Dieses Präparat ist im Handel in Gestalt einer ziemlich dicken Lösung allgemein zu haben. Wenn man diese Lösung in einer dünnen Schichte der Luft darbietet, so erstarrt sie bald zu einer durchsichtigen glasartigen Masse, indem die in dem Wasserglase enthaltene Kieselsäure durch Einwirkung der in der Luft vorhandenen Kohlensäure ausgeschieden wird. Man taucht den vollkommen fertig gemachten Feuerwerkskörper (mit Ausnahme des Zünders) in die Wasserglas-Lösung und läßt den Ueberschuß der Flüssigkeit abtropfen. Abgesehen davon, daß die Hülsen hierdurch unverbrennlich werden, vermögen sie auch die Einwirkung eines ziemlich starken Regens auszuhalten, ohne daß ihr Inhalt dadurch leidet. Ebenso wie zum Unverbrennlichmachen der Hülsen kann das Wasserglas mit Vortheil zum Anstreichen der Holzgerüste (Fronten) dienen, an welchen größere Feuerwerke befestigt werden; das Holz wird hierdurch gleichzeitig unverbrennlich und widersteht der Einwirkung des Wetters.

Die Tische, Kästen, Fensterrahmen, die Dachsparren, kurz alle Holzbestandtheile, welche sich in einem Feuerwerks-Laboratorium vorfinden, sollten der Vorsicht wegen mit Wasserglas angestrichen sein; es verursacht dies eine einmalige Auslage, gewährt aber die Sicherheit, daß im Falle eines Brandes, der in einem solchen Raume doppelt gefährlich ist, das Geschäft des Löschens leichter ist, und

Digitized by Google

wenigstens die Einrichtungs-Gegenstände des Laboratoriums gerettet werden können.

Der Kautschuk-Firniß.

Um fertige Feuerwerkskörper gegen Regen zu schützen oder sie mit Sicherheit durch längere Zeit aufbewahren zu können, überzieht man sie auch mit einem guten Firniß, dicker Leinölfirniß eignet sich hierzu vollkommen, oder taucht sie in Kautschukfirniß.

Der Kautschukfirniß wird auf die Weise bereitet, daß man Kautschuk (Gummi elasticum) in kleine Stücke zerschneidet, in einer geräumigen Glasflasche mit Terpentinöl, Benzin oder Schwefelkohlenstoff übergießt und unter öfterem Umschütteln durch einige Wochen mit dem Lösungsmittel in Berührung läßt. Taucht man einen Feuerwerkskörper in diese Lösung, so überzieht sich derselbe beim Abtrocknen an der Luft mit einem sehr dünnen Häutchen von Kautschuk, wird aber dadurch vollkommen wasserdicht. — Ein sorgfältig auf diese Weise zubereitetes Feuerwerk kann Tage lang in Wasser liegen, ohne an seiner Entzündbarkeit etwas einzubüßen.

Die Aufbewahrung der Chemikalien.

Aus der Schilderung der Eigenschaften, welche die verschiedenen chemischen Producte besitzen, deren man sich in der Feuerwerkerei bedient, geht wohl schon im Allgemeinen hervor, auf welche Weise dieselben zu bewahren sind. Feinere Präparate, wie z. B. Kalomel, Präcipitat und andere bewahrt man am besten in weithalsigen Gläsern, welche mit einem eingeriebenen Glasstöpsel versehen sind; bei zerfließlichen Präparaten muß die Aufbewahrung in solchen Gefäßen geschehen; ebenso bei solchen Körpern,

Digitized by Google

welche sich an der Luft verändern, wie feine Eisenspäne oder Schwefelkupfer.

Luftbeständige Präparate, wie Salmiak, Spießglanz u. s. w. können in Papiersäcken oder Schachteln aufbewahrt werden; Körper, welche man oft und in größeren Mengen benöthigt, wie Schwefel, Salpeter, Kohle sollen in Kisten oder Fässern, welche mit Papier ausgeklebt und zum Schutze gegen Staub mit einem gut passenden Deckel versehen sein müssen, aufbewahrt werden. Jedem Gefäß sollte ein Löffel oder eine Schaufel aus Horn, Hartkautschuk oder Holz gefertigt, beigegeben sein, der stets nur für den betreffenden Körper gebraucht wird und jedes Gefäß mit einer Aufschrift versehen sein, welche den Inhalt genau bezeichnet.

Der Raum, in welchem die Chemikalien aufbewahrt werden, die sogenannte Präparatenkammer, muß vollkommen trocken sein und möglichste Feuersicherheit gewähren, daher in größerer Entfernung von solchen Räumlichkeiten, in denen Feuer gemacht wird, angelegt sein. — Sehr zweckmäßig ist es auch, die Wagen, welche zum Abwägen der verschiedenen Stoffe dienen, gleich in der Präparatenkammer aufzustellen, so daß aus dieser nie ein Gefäß weggetragen wird.

Das Verkleinern der Materialien, welche in der Feuerwerkerei benützt werden.

Der größte Theil der in der Pyrotechnik verwendeten Körper wird in Form eines sehr feinen Mehles, somit in gepulvertem Zustande, gebraucht. Das Zerkleinern der Substanzen geschieht auf mehrfache Art, und benützt man hierzu Reibschalen aus Porzellan, Mörser aus Gußeisen oder Zerkleinerungstrommeln; außerdem noch Siebe aus Müllergaze mit verschieden großen Oeffnungen.

Viele Körper verursachen beim Pulvern ein lästiges Stauben, wie z. B. die Holzkohle, oder geben einen der Gesundheit sehr schädlichen Staub, wie die giftigen Metallpräparate. — Wenn es sich blos darum handelt, das Stauben zu verhüten, so genügt das Bedecken des Mörsers mit einem entsprechenden runden Deckel, durch dessen Oeffnung die Keule gesteckt wird; giftige Substanzen dürfen nur mit Weingeist befeuchtet pulverisirt werden.

Solche Präparate, welche in bedeutender Menge verbraucht werden, wie Salpeter, Schwefel, Kohle werden vortheilhaft in Pulverisirfässern verkleinert. Als Pulverisirfässer kann man ganz zweckmäßig gewöhnliche starke Eichenfässer von etwa 1 bis 2 Hektolitern Rauminhalt anwenden, die man noch durch mehrere Eisenreifen verstärken läßt. Durch die beiden Böden des Fasses und in der Mitte desselben geht eine starke Axe, die auf Lagern ruht und mit einer Kurbel versehen ist, mittelst welcher die ganze Vorrichtung gedreht wird. Am Umfange des Fasses ist anstatt des Spundloches eine größere viereckige Oeffnung vorhanden, die mit einem gut passenden Deckel verschlossen wird und zum Einbringen der Substanzen dient.

Man wendet für jede Substanz ein besonderes Faß an, welches fortan ausschließlich zum Verkleinern derselben dient; bei stark staubenden Substanzen (Kohle) dringt der feinste Staub aus dem Fasse heraus; man vermeidet dieses, wenn man über das Faß einen Kasten setzt, der es allseitig umschließt.

Das Pulverisiren geschieht auf die Weise, daß man mit der zu verkleinernden Substanz das Faß bis höchstens zur Hälfte füllt, zehn Percente von dem Gewichte der Substanz an Bronce- oder Eisenkugeln zusetzt, das Faß schließt und so lange um seine Axe drehen läßt, bis das Pulver

Digitized by Google

den gewünschten Grad von Feinheit erlangt. Beim Entleeren des Fasses läßt man das Pulver noch durch ein Sieb gehen, um gröbere Theile zurück zu halten.

Wie schon früher erwähnt wurde, müssen nach jedesmaligem Gebrauche die Mörser gut gereinigt werden, indem möglicher Weise ein Körper in denselben gepulvert werden könnte, der mit dem früheren durch Stoß explodirt (Kalium-Chlorat und Schwefelantimon.) Das Verkleinern von zwei oder mehreren Substanzen zugleich, wobei man also gleichzeitig pulvern und den Feuerwerkssatz herstellen will, soll principiell in keinem Feuerwerks-Laboratorium geübt werden, selbst wenn man die chemischen Eigenschaften der einzelnen Substanzen genau kennt und weiß, daß sie nicht durch Stoßen explodiren, so kann es doch geschehen, daß eine Explosion stattfindet, die dem Arbeiter das Leben kosten kann; eine Verunreinigung der Materialien mit Staub, — Erhitzung durch rasches Stoßen, ja selbst die Luftfeuchtigkeit kann hierzu Veranlassung geben.

Niemand wird sich den Gefahren, welche die Explosion eines Feuerwerksatzes mit sich bringt, aussetzen wollen, um die Arbeit etwas zu kürzen; es sollen daher die Präparate einzeln für sich gepulvert und in vollkommen trockenem Zustande in die betreffenden Aufbewahrungsgefäße gebracht werden.

Digitized by Google

V.

Die Herstellung der Feuerwerkskörper.

Die Feuerwerkskörper bestehen im wesentlichen aus drei Hauptbestandtheilen: 1. aus dem eigentlichen Feuerwerkskörper, welcher beim Abbrennen eine gewisse Lichtwirkung hervorbringen soll; dieser Theil wird Satz genannt; 2. aus einem Körper, welcher den Satz in Brand steckt und als „Zündung" oder Anfeuerung bezeichnet wird; 3. aus einem Gefäße, welches den Satz enthält und den Namen Hülse führt.

Die Arbeiten, welche bei der Anfertigung der Feuerwerkskörper vorgenommen werden müssen, sind mehrfache und können in mehrere Abtheilungen gebracht werden und zwar: 1. in die Anfertigung der Hülsen; 2. in die Bereitung der Feuerwerkssätze und der Zündungen; 3. in das Einfüllen der letzteren in die Hülsen (das Laden der Hülsen); 4. in die Vollendungsarbeiten, welche alle Arbeiten umschließen, die erforderlich sind, um den Feuerwerkskörper zum Abbrennen bereit zu machen.

Da wir Feuerwerkskörper von sehr verschiedener Wirkung beim Abbrennen kennen; wir erwähnen hier nur vorläufig die emporsteigenden Raketen, die feuerspeienden Garben, die drehenden Sonnen — und die Art des Abbrennens der verschiedenen Feuerwerkskörper nebst der Beschaffenheit des Satzes selbst auch von der Form der Hülse und

Digitized by Google

ihrer Befestigung abhängig ist, so ergiebt sich hieraus eine große Mannigfaltigkeit in den Arbeiten selbst.

Wir beginnen die Schilderung mit der Anfertigung der zur Aufnahme der Feuerwerkssätze dienenden Gefäße oder der Hülsen.

VI.

Die Anfertigung der Hülsen.

Das Anfertigen der Hülsen ist eine Arbeit, welche unter Beobachtung gewisser Kunstgriffe und Vorsichtsmaßregeln zu geschehen hat, indem eine schlecht angefertigte Hülse beim Anzünden des Feuerwerkssatzes zerplatzen und hierdurch die Wirkung des ganzen verderben kann. Die Hülsen sind im wesentlichen Cylinder aus Pappe, welche von den Feuerwerkern selbst angefertigt werden. Das einfache Zusammenkleben von Pappe zu einem Cylinder erfordert zwar keine weiteren Hilfsmittel als eine Tischplatte und eine cylindrische Stange, um welche die Pappe herum gelegt wird; allein die auf diese Weise angefertigten Hülsen zeigen weder eine besondere Festigkeit, noch sind sie von ganz gleichmäßigem Durchmesser. Letzteres ist aber von besonderer Wichtigkeit für das Geschäft des Ladens, wie aus dem betreffenden Abschnitte selbst zu entnehmen ist.

Wir benützen zum Anfertigen der Hülsen einige einfach gebaute Vorrichtungen, welche aber manchen Vortheil bieten; die Arbeit wird durch ihre Anwendung sehr beschleunigt und die Hülsen sind alle ganz gleichmäßig. Es wäre

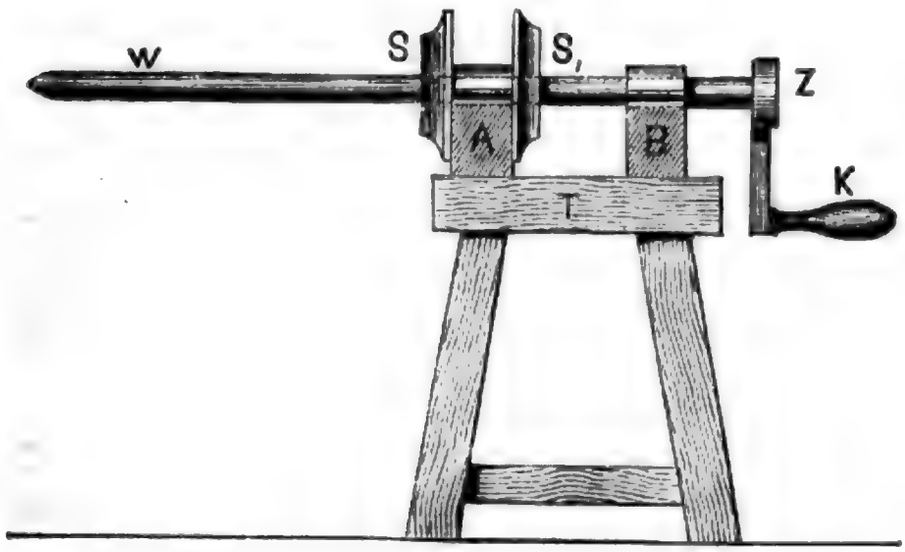
Digitized by Google

eine übel angewendete Sparsamkeit, die Hülsen durch einfaches Rollen auf einem Holzcylinder herzustellen und die wenig kostspieligen Apparate nicht anzuschaffen.

Das Formen der Cylinder.

Der Apparat, welchen wir zur Herstellung der Cylinder aus Pappe benützen und den wir darum den Cylinder-Apparat nennen, hat die aus Figur 1 ersichtliche Einrichtung.

Fig. 1.



Auf zwei starken Holzklötzen A und B, welche auf einem Tische T befestigt sind, liegt in halb cylindrischen Einschnitten, die an der Oberseite der Böcke angebracht sind, die Walze W, welche den innern Durchmesser der zu formenden Hülse bestimmt. Um das Ausfallen der Walze zu verhüten sind an jedem der Böcke A und B halbcylindrische Metallklappen angebracht, so daß die Walze W in einem geschlossenen Lager ruht. Das hintere Ende der Walze bei Z ist in einen viereckigen Zapfen ausgeformt, an welchen eine Kurbel K angesteckt werden kann; das vordere Ende der Walze läuft in eine stumpfe Spitze aus. An der Walze sind

Digitized by Google

die beiden Scheiben S und S_1 in solchem Abstande von einander befestigt, daß sie an den Klotz A streifen.

Durch das Anbringen zweier Lager für die Walze W ist es möglich, die letztere genau in gleicher Stellung (ohne Schwanken) beim Umdrehen zu erhalten; die beiden Scheiben verhüten das Hin- und Hergleiten der Walze.

Für Hülsen von verschiedenem Durchmesser benöthigt man selbstverständlich auch verschiedene Walzen, welche man an den Stellen, an welchen sie in die Lager zu liegen kommen (bei A und B), aber von gleichem Durchmesser machen läßt. Die Walzen werden am besten aus recht gut ausgetrocknetem harten Holze angefertigt und sollen glatt polirt sein; die Anwendung eisener Walzen ist ganz überflüssig.

Hat man Walzen von einem Durchmesser von 5 bis 50 Millimeter, so reicht man mit diesen für die gewöhnlichen Zwecke vollkommen aus; benöthigt man für besondere Zwecke eine stärkere Walze, so ist jeder Drechsler im Stande eine solche anzufertigen.

Um Hülsen anzufertigen, verfahren wir folgendermaßen: Es wird ein Streifen von Schreibpapier genommen, welcher etwas länger ist als der Pappe-Cylinder werden soll und dessen Breite etwas mehr als den dreifachen Durchmesser der Walze beträgt (etwa 3, 2); von Wichtigkeit ist es, daß der Streifen genau rechtwinkelig geschnitten sei. Dieser Streifen wird von einem Gehilfen gleichmäßig mit Kleister bestrichen, so auf die Walze gelegt (mit der angestrichenen Seite nach außen), daß die Längskante des Streifens möglichst parallel mit der Axe der Walze W ist und mit der Hand gleichgestrichen. Man hat nun auf diese Weise die innerste Hülle des Hülsen-Cylinders gefertigt. Da der Druck der Gase, welche sich beim Abbrennen eines Feuerwerkssatzes im Innern der Hülse entwickeln, um so mächtiger ist, einen desto

Digitized by Google

größeren Durchmesser die Hülse besitzt, so muß man hierauf Rücksicht nehmen, wenn man Hülsen anfertigt.

Für Hülsen von geringem Durchmesser genügt eine dreifache Papierlage, um ihnen die gehörige Festigkeit zu geben; für dickere Hülsen nimmt man eine fünf- bis achtfache Papierlage. Die äußeren Lagen der Pappe werden aus Ersparungs-Rücksichten nicht aus Schreibpapier, sondern aus Packpapier angefertigt. Für eine Hülse mit dreifacher Papierlage verwendet man einen Streifen von Packpapier, welcher eine Länge besitzt, die jener des ersten Streifens gleich, deren Breite aber das dreifache derselben ist. Hatte demnach der erste Streifen für einen inneren Hülsen-Durchmesser von 20 Mm. eine Breite von $20 \times 3{,}2 = 64$ Mm., so giebt man dem Streifen von Packpapier eine Breite von 3 mal $64 = 192$ Millimetern; für eine fünffache Packpapierlage aber 5 mal $64 = 320$ Mm. und so weiter.

Der Packpapierstreifen wird auf einer Seite ganz mit Kleister bestrichen und mit der bekleisterten Seite auf den Schreibpapier-Cylinder gelegt; ein Arbeiter dreht die Walze vermittelst der Kurbel langsam um, indeß derjenige, welcher das Packpapier aufgelegt hat, entweder mit den Händen oder einem Lineale das Packpapier glatt streicht und besonders dafür sorgt, daß sich die einzelnen Lagen des Papieres fest an einanderschließen, was auch dadurch befördert wird, daß man den Kleister nicht zu dünnflüssig macht und in einer stärkeren Schicht auf das Papier aufträgt.

Ist ein Cylinder angefertigt, so wird er durch vorsichtiges Ziehen mit der Hand von der Walze abgezogen und auf dieser ein neuer Cylinder angefertigt. Hat der Arbeiter das Schreibpapier nicht zu straff um den Cylinder gewickelt, so verursacht das Abziehen keine Mühe; ist das Papier nicht richtig aufgelegt worden, so ist es oft nicht

Digitized by Google

gut möglich, die noch nasse und weiche Hülse von der Walze in unverletztem Zustande abzuziehen.

Das Einschnüren der Hülsen.

Die von den Walzen abgezogenen Hülsen kommen sofort auf einen Cylinder, welcher mit der Walze gleichen Durchmesser besitzt; Figur 2 zeigt die Einrichtung dieses Cylinders welchen man in der Praxis als Würg-, Zureit- oder Strangulirholz bezeichnet, den man aber am zweckmäßigsten Einschnürungswalze benennen kann. Es handelt sich nämlich darum, die cylindrische noch weiche Hülse an einem Ende zu schließen, was durch Hervorbringung einer Einschnürung an einem Ende des Pappe-Cylinders geschieht.

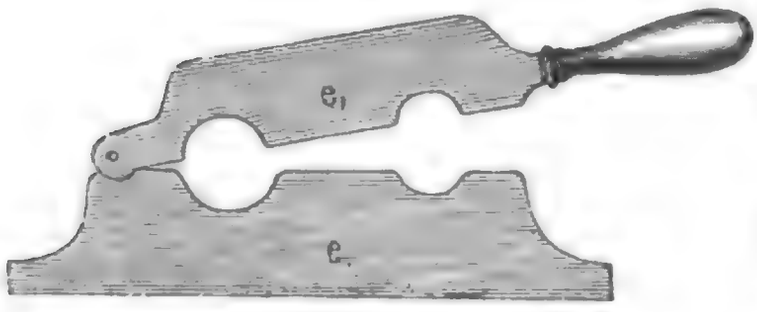
Die Einschnürungswalze besteht aus einem Cylinder C Figur 2, welcher mit der Walze gleichen Durchmesser

Figur 2.

hat; an seinem vorderen Ende ist er rundlich kegelförmig zugespitzt und steckt an ihm ein Ansatzstück A, welches auf dieselbe Weise zugespitzt und mittelst eines langen vierseitigen Eisenzapfens lose an C steht.

Zum Einschnüren der Hülsen ist ferner ein Druckapparat nothwendig, dessen Einrichtung aus Figur 3 ersichtlich wird. Es besteht aus zwei mindestens 1 Cm. breiten Eisenschienen E und E, deren untere fest auf einen Tisch geschraubt ist, während sich die obere

Figur 3.



Digitized by Google

mittelst eines Zapfens auf und ab bewegen läßt und einen Handgriff besitzt. Diese Art von Scheere besitzt zwei ausgerundete Einschnitte von verschiedener Größe, deren Ränder aber sorgfältig rund gefeilt sein müssen, damit die weiche Hülse beim Drücken nur zusammengequetscht, nicht aber eingeschnitten wird.

Das Einschnüren der Hülsen geschieht nun auf die Weise, daß man die Hülse auf dem Einschnür-Cylinder C so weit nach vorne schiebt, daß ihr Rand an die Scheibe des Ansatzstückes stößt. Der Cylinder wird nun mit der Hülse unter den Druckapparat gebracht und zwar zuerst unter den größeren Ausschnitt und die Hülse an der Verengung zwischen C und A (Figur 2) leicht zusammengedrückt, wobei man die Hülse allmälig dreht, bis sie ringsum etwas eingeschnürt erscheint. Das Drücken wird nun in dem engeren Ausschnitte fortgesetzt, bis die Einschnürung vollendet ist.

Die abgedrückte Hülse wird nun auch abgeschnürt. Dies geschieht auf die Weise, daß man um die Stelle, an welcher die Hülse am dünnsten ist, einen Bindfaden legt, das Ansatzstück A (Figur 2) abzieht und den Bindfaden in einen Knoten kräftig zusammenzieht; der Bindfaden wird sodann ein zweites Mal um die gebundene Stelle, den „Hals der Hülse“ herumgelegt und in einen Knoten gebunden, welcher dem ersten gerade gegenüber liegt. Die fertige Hülse wird sodann von der Einschnürungswalze abgezogen und zum Trocknen aufgehängt.

Die getrockneten Hülsen werden am unteren Ende, das ist an dem nicht eingeschnürten rund abgeschnitten und sollen die Hülsen von einerlei Durchmesser (Caliber) auch die gleiche Länge besitzen. Die zugeschnittenen Hülsen können gleich gefirnißt werden; manche Pyrotechniker ziehen es jedoch vor, das Firnissen der Hülsen, wenn es überhaupt geschieht,

Digitized by Google

erst dann vorzunehmen, wenn die Hülse geladen ist. Die fertigen Hülsen sollen bis zum Gebrauche in einem eigenen Kasten nach Caliber und Länge sortirt und mit entsprechenden Nummern bezeichnet, am besten aufrecht stehend aufbewahrt werden. Es sei hier noch erwähnt, daß man bei besonders großen Hülsen beim Einschnüren darauf achten muß, daß die Hülse an der gewürgten Stelle keine Risse bekomme; eine derartige Hülse wäre unbrauchbar.

Die Größe der Hülsen.

Die Größe, welche man den Hülsen giebt, ist in mehrfacher Beziehung von Wichtigkeit und sollte jeder rationelle Pyrotechniker stets nur mit Hülsen von ganz bestimmter Größe arbeiten, was sich leicht dadurch erzielen läßt, daß man die zum Rollen der Hülsen erforderlichen Cylinder stets nach ganz bestimmten Maßen anfertigen läßt. Am zweckmäßigsten ist es die Hülsen so anzufertigen, daß jede nächstfolgende Größe derselben einen Durchmesser besitzt, welcher den der vorhergehenden um 5 Millimeter übertrifft. Man bezeichnet diese verschiedenen Hülsen-Sorten mit fortlaufenden Nummern, wobei die engste mit Nummer 1 bezeichnet wird.

Auch die Länge der Hülsen ist von Bedeutung; man schreite in derselben stets um 1 Cm. vorwärts und bezeichnet dieses Verhältniß mit römischen Ziffern. Hat z. B. die kleinste Hülse (das kleinste Caliber) bei 5 Mm. Durchmesser eine Länge von 10 Cm. so wird es die Bezeichnung 1, I erhalten, die nächste Größe, deren Durchmesser unverändert, deren Länge aber um 1 Cm. größer ist, erhält die Zahlen 1, II und so fort.

Eine derartige systematische Bezeichnung dient nicht blos dazu, um überhaupt Ordnung zu halten, sondern sie ermöglicht auch, ganz genau berechnen zu können, wie viel

Digitized by Google

dem Gewichte nach, von einem Satze nothwendig ist, um eine bestimmte Anzahl von Hülsen zu füllen; man braucht einfach das Durchschnittsgewicht einer größeren Anzahl leerer und geladener Hülsen einmal zu ermitteln.

Hierdurch ist man auch leicht in der Lage, den Selbstkostenpreis und den Verkaufspreis einzelner Feuerwerksobjecte genau zu ermitteln, Verhältnisse, welche den fabriksmäßigen Betrieb der Feuerwerkerei sehr unterstützen. Endlich sei hier noch bemerkt, daß man bei der Arbeit mit Hülsen von ganz bestimmter Größe eine viel geringere Anzahl von Geräthen zum Laden der Hülsen nothwendig hat, als bei Hülsen von willkürlicher Größe und daß man sehr bald im Stande ist, ganz bestimmt zu wissen, welchen Effect ein Object von bestimmtem Durchmesser und bestimmter Länge hervorbringen wird.

VII.

Das Mischen der Präparate zu Feuerwerkssätzen.

Das Vermengen der einzelnen Präparate, welche zur Herstellung von Feuerwerkssätzen dienen, der praktische Ausdruck für diese Arbeit ist „Ansetzen des Satzes geschieht auf zwei verschiedene Arten; entweder man vermischt die Pulver der chemischen Präparate unmittelbar (kalte Sätze), oder man bewirkt die Vermengung durch Schmelzen (warme Sätze). Die Bereitung von warmen Sätzen ist nur in beschränktem Maße möglich, da sie selbstverständlich nur mit

solchen Präparaten ausgeführt werden kann, welche sich beim Erhitzen auf eine gewisse Temperatur noch nicht entzünden.

Das Mischen der auf das feinste gepulverten Materialien geschieht auf einer glatten Fläche, eine Mamortafel eignet sich besonders hierzu. Um das Herabfallen eines Theiles der perlenförmigen Körper zu verhindern, umgiebt man die Tafel mit emporstehenden Leisten. Zum Vermengen bedient man sich hölzerner oder hornener Spatel, mit welchen man die Pulver so lange durcheinander arbeitet, bis man mit freiem Auge keine Ungleichheit in der Masse erkennen kann.

Hat man größere Mengen zu vermischen, so hat man lange zu arbeiten, bevor die Masse die erforderliche gleichmäßige Beschaffenheit zeigt, welche eine unerläßliche Bedingung für die Güte des Satzes ist, indem nur ein auf das innigste gemengter Satz gleichmäßig, das heißt mit gleicher Stärke und gleicher Lichtentwickelung abbrennt.

Man kann das Geschäft des Mischens dadurch vereinfachen, daß man über der Mischplatte Trichter anbringt, welche unten eine so enge Oeffnung besitzen, daß Pulver, die in den Trichter geschüttet werden, in einem sehr dünnen Strahle auslaufen. Sind z. B. drei dieser Trichter so aufgestellt, daß sie die Pulver ziemlich an einen Punkt fallen lassen, so bringt man vorerst die übrigen zu dem Satze gehörigen Körper in einem Häufchen unter die Stelle, wohin die Pulver fallen und bewegt den durch das Herabfallen der gepulverten Körper immer größer werdenden Haufen beständig mit dem Spatel durcheinander. Soll der Satz Körper enthalten, welche aus der Luft Feuchtigkeit anziehen, so werden diese immer zuletzt zugesetzt, möglichst rasch dem Satze eingemischt und der Satz bis zum Einstampfen in die Hülsen in einer fest verschlossenen Flasche verwahrt.

Digitized by Google

Werden dem Satze gröbere Metallpulver-Feilspäne zugemengt, so ist das Mischen mit besonderer Vorsicht vorzunehmen, damit nicht durch Drücken oder Reiben an den scharfkantigen Körnern eine Entzündung der ganzen Masse eintrete.

Bisweilen tritt auch sogar freiwillige Entzündung gewisser Feuerwerkssätze ein, aber nur dann, wenn die Präparate nicht ganz trocken waren. Am häufigsten geschieht dies bei solchen Sätzen, welche neben Kaliumchlorat noch Schwefelblumen enthalten. — Den Schwefelblumen haftet stets eine, wenn auch sehr geringe Menge, von schweseliger Säure an, die sich bei Gegenwart von Feuchtigkeit und Luft in Schwefelsäure verwandelt. Die Schwefelsäure macht aus dem Kaliumchlorate Chlorsäure frei, und diese bringt den Schwefel zum Brennen. — Es ist daher gerathen, immer nur gepulverten Stangenschwefel, welcher frei von schweseliger Säure ist, zu Feuerwerkssätzen zu verwenden.

Um die Selbstentzündung solcher Sätze, welche Kaliumchlorat und Schwefel enthalten, mit voller Sicherheit zu verhüten, mischen wir dem Kaliumchlorat beim Pulvern eine sehr geringe Menge (ein Tausendstel) von vollständig verwitterter und zu Staub zerfallener (das ist ganz wasserfreier) Soda bei; sollte sich in dem Feuerwerkssatze durch irgend einen chemischen Vorgang wirklich Schwefelsäure bilden, so wird diese sogleich von dem Natron der Soda zu Natrium-Sulfat gebunden, und ist in dieser Form ganz gefahrlos.

Feuerwerkssätze, welche überchlorsaures Kali enthalten, sind nicht so gefährlich, wie die mit Kaliumchlorat bereiteten; leider ist das überchlorsaure Kali ein zu kostspieliges Präparat, um allgemein als Ersatz des Kaliumchlorates dienen zu können; es wird nur in jenen Fällen angewendet, in welchen es sich darum handelt, einen

N. Y. Free Circulating Library BRUCE

Feuerwerkssatz unter Entwickelung des stärksten Lichtes abbrennen zu machen.

Feuerwerkssätze, welche neben Kaliumchlorat noch Schwefelantimon enthalten, dürfen nicht auf der Mischplatte mittelst eines Spatels gemengt werden; eine äußerst heftige Explosion wäre in den meisten Fällen die Folge eines solchen Verfahrens. Man darf diese Körper, wie schon erwähnt wurde, nur durch Zusammengießen der Pulver von Glanzpapier und auch dann nur in sehr kleinen Quantitäten mischen.

Warme Sätze, das heißt solche, welche durch Zusammenschmelzen verschiedener Substanzen bereitet werden, stellt man auf die Weise her, daß man den schwerer schmelzbaren Körper in den geschmolzenen leichter schmelzbaren einrührt. Am häufigsten werden Salpeter und Schwefel zusammengeschmolzen. Man schmilzt zu diesem Behufe den Schwefel in einem flachen, vollkommen gereinigten Gefäße, rührt den gepulverten Salpeter in die Flüssigkeit ein und fährt mit dem Rühren so lange fort, bis das ganze Gemisch gleichmäßig geworden. Sodann nimmt man das Gefäß vom Feuer und rührt die Mischung noch so lange, als es angeht, das heißt, bis das eintretende Erstarren die Bewegung des Rührstabes aufhält.

Digitized by Goog

VIII.

Die Anfertigung der Entzündungs-Vorrichtungen.

Bei jedem Feuerwerkssatze werden gewisse Vorrichtungen und sehr leicht abbrennende Gemische verwendet, welche dazu dienen, den Satz in einem gegebenen Augenblicke vollständig und mit voller Sicherheit in Brand zu setzen. — Daß gerade die Anfertigung dieser Vorrichtungen sehr sorgsam ausgeführt werden muß, liegt auf der Hand; denn von ihrer richtigen Bereitung hängt es ab, ob sich ein Feuerwerkskörper — auch wenn er sonst ganz normal bereitet wurde — entzündet oder nicht.

Beim Abbrennen von ganzen Fronten, in welchen eine gewisse Anzahl von Feuerwerkskörpern entweder gleichzeitig oder in bestimmten aufeinander folgenden Zeiträumen entzündet werden soll, sind die Zündvorrichtungen von höchster Bedeutung.

Da die Entzündungs-Vorrichtungen, welche in der Kriegsfeuerwerkerei und in der Sprengtechnik zur Anwendung kommen, fast ganz genau dieselben sind, deren sich die Kunstfeuerwerker bedienen, so ist man gerade in Bezug auf die Anfertigung dieser Feuerwerkskörper sehr weit vorgeschritten und hat auch die Brenndauer jener Zündungen, welche in die Ferne wirken sollen, so genau ermittelt, daß man in der Lage ist, auf ein Zehntel Secunde genau zu

533315

bestimmen, wann die Flamme den Feuerwerkskörper selbst erreichen wird.

Zu den Entzündungs-Vorrichtungen (welche nur als Hilfstheile der eigentlichen Feuerwerkskörper, nicht aber als solche selbst betrachtet werden müssen) gehören die sogenannte Anfeuerung, das Zündpapier, die Stoppinen, Ludelfäden oder Zündschnüre im allgemeinen, die Zündlichter oder Feuerwerker-Fackeln, sowie auch alle jene Apparate, welche so eingerichtet sind, daß man die Entzündung durch einen elektrischen Funken bewerkstelligen kann.

Die Anfeuerung oder allgemeine Zündmasse.

Die Anfeuerung besteht ihrem Wesen nach aus einem höchst entzündlichen Feuerwerkssatze, der durch den kleinsten Funken sicher in Brand geräth, dabei eine große Flamme bildet und diese auf den eigentlichen Satz überträgt. Man unterscheidet in der Praxis zwei Präparate, welche man als dünne und dicke Anfeuerung bezeichnet; erstere hat eine solche Beschaffenheit, daß sie sich mit einem Pinsel leicht streichen läßt, während die dicke Anfeuerung einen mehr weniger dicken Brei bildet.

Dünne Anfeuerung.

Dünne Anfeuerung wird nach folgender Vorschrift bereitet:

Schießpulver (in Staubform)	1 Kilogramm
Gummi	20 Gramm
Wasser	50 „
Weingeist	1 Liter.

Die Mischung wird auf die Weise hergestellt, daß man den Gummi in dem Wasser auflöst, die Lösung, welche

Digitized by Google

vollkommen klar sein soll, mit dem Weingeist in eine runde Porzellanschale bringt, das Pulvermehl unter fortwährendem Rühren der Flüssigkeit zugießt und so lange rührt, bis das Gemisch gleichförmig geworden ist. Nach einigen Vorschriften kann man auch noch 50 Gramm Salpetermehl beimischen, wodurch die Entzündbarkeit der Mischung gesteigert wird. — Die Anfeuerung wird, wenn sie aufbewahrt werden soll, in ein weithalsiges Glas gegossen, das einen eingeriebenen Stöpsel hat, und vor dem Gebrauche umgerührt. Es sei hier noch erwähnt, daß es immer zu empfehlen ist, arabisches Gummi (das gewöhnliche Gummi) als Zusatz zu verwenden und das Dextrin- oder Stärkegummi nicht zu benützen. Das Dextringummi ist zwar etwas billiger als das arabische, aber es hat den Nachtheil, daß es Feuchtigkeit aus der Luft anzieht.

Dicke Anfeuerung.

Dicke Anfeuerung wird ganz auf dieselbe Weise hergestellt, wie soeben für dünne Anfeuerung angegeben wurde, nur verringert man die Menge des anzuwendenden Weingeistes nach Belieben.

Die Anfeuerungen dienen zum Anstreichen gewisser Hülsentheile, welche nicht vom Feuerwerkssatze selbst eingenommen werden, und werden dieselben auch zur Verfertigung der eigentlichen Zündvorrichtungen verwendet.

Das Zündpapier.

Das Zündpapier wird auf die Weise hergestellt, daß man sich gleichbreite Papierstreifen schneidet, diese zu einem beliebig langen Bande vereinigt, mit dünner Anfeuerung bestreicht und so lange diese noch feucht ist, mit gewöhnlichem

Pulvermehl bestreut. Ist das Band auf einer Seite auf diese Weise zubereitet und trocken, so wird es umgewendet und die Rückseite auf die gleiche Weise behandelt.

Bei trockenem Wetter kann man das Zündpapier unmittelbar anstatt Lunten zu Feuerleitungen benützen, indem ein langes Band davon mit außerordentlicher Schnelligkeit abbrennt.

Die Stoppinen, Ludelfäden oder Lunten.

Die Lunten sind Schnüre von verschiedener Stärke, welche auf ähnliche Weise mit Anfeuerung behandelt wurden. Man verwendet zur Herstellung von Lunten am zweckmäßigsten locker gesponnenes Baumwollgarn, welches man vorerst durch einige Tage in schwacher Aetzlauge liegen läßt, um es zu entfetten, sodann auswäscht und trocknet. Die so vorbereiteten Fäden werden sodann in die sogenannte Beizflüssigkeit gebracht, um ihnen an sich schon eine bedeutende Entzündlichkeit zu geben.

Die Luntenbeize.

Die Luntenbeize hat einen zweifachen Zweck; in einem Falle soll sie das Abbrennen des Luntenfadens oder des aus demselben hergestellten Stranges beschleunigen, während sie bei den Zeitzündern (das heißt jenen, welche erst nach Ablauf einer gewissen Zeit die Zündung veranlassen) so beschaffen sein muß, daß sie zwar sicher aber langsam fortbrennt.

Zum Beizen von schnell abbrennenden Lunten verwendet man eine Salpeterlösung, und zwar 1 Theil Salpeter auf 10 Theile Wasser. Die trockenen Baumwollfäden werden in Strähnen in dieselbe eingelegt, bleiben 6 bis

Digitized by Google

12 Stunden liegen, werden sodann ausgerungen und getrocknet.

Langsam brennende Lunte, wie man sie z. B. auch in den gewöhnlichen Taschenfeuerzeugen anwendet, wird gewöhnlich aus einem locker gesponnenen oder geflochtenen Stricke aus Baumwollgarn bereitet. Als Beizmittel verwendet man entweder Bleinitrat oder chromsaures Bleioxyd. Um Lunte mittelst Bleinitrat herzustellen, bringt man 1 Theil Bleinitrat in ein Porzellangefäß, übergießt es mit 10 Theilen Wasser und erhitzt zum Kochen. In die kochende Lösung wird die Schnur eingelegt und durch eine Stunde mitgekocht. Man läßt die Schnur abtropfen und an der Luft vollkommen abtrocknen.

Will man eine langsam brennende Lunte mittelst chromsauren Bleioxydes herstellen, so kocht man die Luntenschnur in einer Lösung von 1 Kilogramm Bleiacetat (Bleizucker) in 20 Litern Wasser, läßt sie trocknen und legt sie sodann in eine Lösung von Kalium-Chromat (oder chromsaurem Kali), die aus 1 Gewichtstheil des Salzes und 10 Gewichtstheilen Wasser bereitet wurde. Es bildet sich hierbei Bleichromat oder chromsaures Bleioxyd, welches die Schnur schön gelb färbt.

Langsam brennende Lunte wird zu Sprengzwecken häufiger als zur Feuerwerkerei benützt; beim Abbrennen bildet sie eine Kohle, in der man mit der Loupe Bleikügelchen erkennt.

Die Zündschnüre.

Die Zündschnüre werden aus stärkerem Baumwollgarn hergestellt, welches auf die oben angegebene Art von Fett gereinigt und getrocknet wurde. — Man legt die von einem Haspel ablaufenden Fäden in gleichmäßigen Windungen in

Digitized by Google

eine große Porzellanschale, übergießt sie mit dünner Anfeuerung, zu welcher man besonders starken Weingeist nimmt und deckt das Gefäß zu. Nach zwölfstündigem Verweilen sind die Fäden vollständig mit der Anfeuerung gesättigt und können aufgewickelt werden.

Um zu verhüten, daß nicht an einigen Stellen der Zündschnur Klumpen von Anfeuerung haften bleiben, läßt man sie durch ein Brett gehen, welches auf der Schale liegt und in seiner Mitte eine nach oben enger werdende runde Oeffnung von etwas größerem Durchmesser als jener der Fäden selbst ist, besitzt. Die Schnur wird durch diese Oeffnung hindurch gezogen, geht dann über Rollen auf eine Länge von 10 bis 12 Meter durch die Luft, wobei sie namentlich in einem wärmeren Raume und bei Anwendung von starkem Weingeist zur Bereitung der Anfeuerung genügend abtrocknet und wird in regelmäßigen, neben einander liegenden Windungen auf einen aus Stäben verfertigten Haspel gewickelt. Nach dem vollkommenen Austrocknen wiederholt man das Tränken mit Anfeuerung und läßt die aus der Schale kommende nasse Zündschnur unter einem Siebe weggehen, durch welches Pulvermehl gesiebt wird, wobei Sorge zu tragen ist, daß die Schnur ringsum bestaubt wird. Zweckmäßig ist es auch, die mit Mehlpulver eingestaubte Schnur zwischen zwei Walzen durchgehen zu lassen, die halbrunde, aufeinander passende Nuten besitzen, die zusammen einen etwas kleineren Kreis bilden, als der Querschnitt der Lunte. Die Lunte wird hierdurch etwas gepreßt und gleichmäßig gemacht. Die auf dem Haspel gut ausgetrocknete Lunte wird in Spiralform in cylindrische Schachteln eingelegt.

Für eine Zündschnur von 1000 Meter Länge und

Digitized by Google

5 Millimeter Durchmesser benöthigt man etwa 90 Kilogramm an Anfeuerung (im nassen Zustande gerechnet).

Leit-Zündschnüre.

Die Leit-Zündschnüre sind gewöhnliche, mit Hilfe von Anfeuerung bereitete Zündschnüre, welche von Papierhülsen umgeben sind. Letztere haben den Zweck, die Fortpflanzung des Feuers zu sichern. Es ist nun eine ziemlich umständliche Arbeit, die dünne Zündschnur mit Papier gleichmäßig zu bekleben; wir vereinfachen diese Arbeit auf die Weise, daß wir die trockene Zündschnur langsam drehen lassen wobei sich ein langer, schmaler Papierstreifen, der mit Kleister bestrichen ist, auf der Schnur aufwickelt. Wenn man den Papierstreifen nicht zu breit macht und namentlich das Aufwickeln auf die Zündschnur gut überwacht, so erhält man auf diese Art eine tadellose Umhüllung der Zündschnur. — Wie uns directe Versuche überzeugt haben, leistet eine auf diese Weise bereitete Leit-Zündschnur das Höchste, was man von ihr verlangen kann, wenn man sie nach dem Trocknen des Papierüberzuges durch ein mit Firniß gefülltes Gefäß zieht und dies, nachdem der erste Ueberzug trocken geworden ist, wiederholt. Man kann eine derartig zubereitete Leitschnur stundenlang dem heftigsten Regen aussetzen, ohne daß sie versagt; sogar in Wasser ganz untergetaucht brennt sie fort.

Diese einfache, von jedem Pyrotechniker selbst leicht herzustellende Vorrichtung ersetzt die von verschiedenen Seiten empfohlenen, sehr mannigfaltigen Zündschnüre vollkommen und hat vor diesen noch den Vorzug großer Billigkeit voraus. Durch Einschlagen in Bleifolie und Glattpressen der Umhüllung, durch Umgeben der Zündschnur mit Asphalt oder Harz u. s. w. sucht man denselben Zweck zu erreichen,

Digitized by Google

wie durch die Papierhülle, nämlich den, die Zündschnur mit einem wasserdichten Ueberzuge zu versehen. — Da es aber nur schwer gelingt, diese Ueberzüge so zusammenhängend zu machen, wie die Firnißschichte auf dem Papiere, so sind diese kostspieligen Zündvorrichtungen nicht selten von geringerer Qualität, als die billige Zündschnur, welche mit gefirnißtem Papier umwickelt ist.

Schießwoll-Zündungen.

Unter allen Zündvorrichtungen, welche das Feuer rasch fortpflanzen sollen, erscheinen uns die aus Schießbaumwolle gefertigten Zündschnüre als die einfachsten und dabei vollkommensten. Ein einfacher Faden aus Schießbaumwolle brennt mit außerordentlicher Geschwindigkeit ab und theilt das Feuer einem Zündpapiere, um welches er gewickelt ist, mit voller Sicherheit mit.

Zum Anzünden großer Fronten, welche ihren Effect in Einem Momente entwickeln sollen, giebt es nebst den elektrischen Zündungen kaum eine andere, welche eben so sicher wirkt; vor den elektrischen Zündungen hat die Anwendung der Zündung mit Schießbaumwolle sogar den Vortheil voraus, daß sie auf einfachere und billigere Art herzustellen ist als diese. Um eine ganze Front auf einmal durch Schießbaumwolle in Thätigkeit zu setzen, genügt es, an gewissen hervorragenden Stellen der Front Schießwoll-Zündungen anzubringen, die alle in einem Punkte zusammenlaufen.

Hat z. B. die Front ihrer Hauptsache nach die Form eines Viereckes, so gehen einzelne Fäden an die vier Ecken desselben, um dort zu zünden; man trägt aber dafür Sorge, daß überhaupt alle Feuerwerksobjecte, welche an der Front vorhanden sind, durch Leitungen aus Schießbaumwolle

Digitized by Google

mit einander verbunden werden; sollte durch irgend einen Umstand von einer Seite her das Fortlaufen des Feuers an dem Schießwollfaden unterbrochen sein, und dadurch das Brennendwerden des Feuerwerkskörpers nicht eintreten, so kann derselbe einen Moment später durch das Feuer, welches ihm von der anderen Seite zukommt, in Brand gesetzt werden.

Um mit Schießwolle sicher zu zünden, genügt es, einen einzigen Schießwollfaden mehrere Male fest um das Zündpapier zu wickeln; neben einander stehende Feuerwerkskörper, welche zugleich entzündet werden sollen, verbindet man auf diese Weise durch einen Faden und befestigt an diesem mittelst zweier Knoten einen Leitfaden, welcher zur nächsten Reihe läuft und so fort. Am zweckmäßigsten ist es, je zwanzig oder dreißig Feuerwerksobjecte mit einem Leitfaden zu versehen, und die Leitfäden an einem Punkte zusammenlaufen zu lassen.

Diese Art von Zündung gewährt auch Garantie gegen Regenwetter; wenn die Feuerwerkskörper mit irgend einem Firniß wasserdicht gemacht sind, so genügen einige Stunden, um die durch Regen vollständig durchnäßte Schießbaumwolle wieder trocken zu machen, und sie wieder mit der größten Schnelligkeit abbrennen zu machen.

Dynamit-Zündungen.

Kieselguhr, das ist lockere Kieselerde, welche mit etwa 75 Percent Nitroglycerin getränkt wurde, bildet das vielfach als Sprengmittel angewendete Dynamit. Man hat auch versucht, das Dynamit als Zündungs-Mittel anzuwenden, indem man dem Dynamit-Teige die Gestalt eines langen und dünnen Cylinders gab, welchen man in eine passende Umhüllung, Wachspapier, dicke Bleifolie u. s. w. einschloß. Die

Digitized by Google

Wirkung namentlich mit Rücksicht auf Schnelligkeit und Präcision der Zündung ist eine tadellose; nur der Kostenpunkt ist ein ziemlich beträchtlicher und dürfte dieser, sowie die unbestreitbar große Gefährlichkeit der Dynamitschnüre in den Händen der oft wenig achtsamen Arbeiter der allgemeinen Einführung derartiger Zündschnüre ein gewaltiges Hinderniß entgegensetzen.

Elektrische Zündungen.

Da der Pyrotechniker von Fach oft in die Lage kommen kann, für technische- (Spreng) Zwecke Zündungen herzustellen, welche an mehreren Objecten gleichzeitig wirken sollen, so erscheint es uns nothwendig, hier wenigstens das Princip der elektrischen Zündungen in Kürze anzuführen. Es ist bekannt, daß Reibungs-Elektrisir-Maschinen einen langen, Funken geben, der aber von einer unmeßbar kurzen Dauer ist; während Magneto-Elektrisir-Maschinen nur sehr kurze Funken, dafür aber einen Strom von beliebig langer Dauer geben, der durch einen dünnen Draht geleitet, denselben zum Glühen bringt.

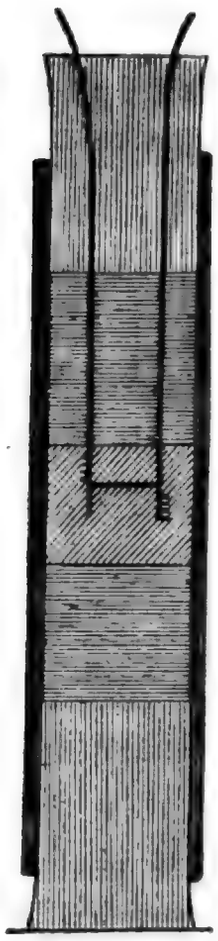
Gegenwärtig, wo die letztgenannten Apparate so bedeutend vervollkommnet sind, wendet man nunmehr die sogenannten Funken-Inductoren für Sprengzwecke an, und benützt hierzu Sprengpatronen, deren Einrichtung durch Figur 4 versinnlicht wird.

Die cylindrische unten durch einen Kork fest geschlossene Patrone enthält festeingedrücktes Pulvermehl, auf welches ein Gemenge von Kalium-Chlorat und Dreifach-Schwefelantimon geschüttet ist. Der Rest des freien Raumes der Patrone ist wieder mit Pulvermehl angefüllt und die Patrone auch oben durch einen Kork geschlossen. Durch den Kork gehen zwei Drähte, welche bis in das Gemisch aus

Digitized by Google

Kaliumchlorat und Schwefelantimon reichen und dort — der Quere der Patrone nach — durch einen haarfeinen Platindraht verbunden sind. Die aus der Patrone hervorstehenden Drahtenden werden mit den Leitungsdrähten des Funken-Inductors verbunden. Sobald man in diesem den elektrischen Strom schließt, geht dieser auch durch den dünnen Platindraht, welcher in der Patrone angebracht ist, versetzt ihn ins Glühen, bewirkt dadurch eine Explosion der Zündmasse, welche auf das Pulver übertragen wird — die Patrone zerreißt und die mit Pulver gefüllte Mine, in der sie liegt, wird entzündet. Mit Hilfe dieser Vorrichtung ist es möglich, hundert und mehr Minen in einem gegebenen Momente zu entzünden, wenn nur die elektrische Leitung nirgends unterbrochen und der Funken-Inductor von genügender Stärke ist.

Fig. 4.



Die Stoppinen

oder Ludelfäden sind eigentlich nichts anderes als passend bereitete schnell abbrennende Zündfäden; sie werden von den Feuerwerkern immer dort angewendet, wo es sich darum handelt, ein Stück, das ist eine Verbindung von zusammengehörigen Feuerwerkskörpern, einen Stern, eine Sonne u. s. w. abzubrennen. Man stellt sie genau auf die Weise dar, wie dies für die gewöhnlichen Zündschnüre angegeben wurde, beklebt aber dieselbe der Vorsicht halber mit Papier, welches ebenfalls gefirnißt sein soll. Die Stoppinen werden entweder unmittelbar bis an den zu entzündenden Feuerwerkskörper

geführt oder man begnügt sich auch, dieselben mit dem Zündpapier in Verbindung zu setzen.

Sorgfältig bereitete Stoppinen müssen rasch abbrennen, ein Stück von 1 Meter Länge soll in längstens einer Secunde das Feuer von einem Ende zum anderen fortpflanzen. Bei der Verbindung mehrerer Feuerwerkskörper, namentlich wenn man ganze Fronten abzubrennen hat, ist es sehr zu empfehlen, mit den Stoppinen möglichst zu sparen. Man verbindet daher auch hier eine Stoppinen-Leitung mit mehreren andern, was auf die Weise geschieht, daß man an der betreffenden Stelle das Umhüllungspapier abnimmt, die zwei Schnüre zusammenknüpft und den Knoten zur Sicherung der Entzündung mit dicker Anfeuerung bestreicht.

Die Satzröhren.

Ihrer Haupt-Einrichtung nach sind die Satzröhren nichts als Zündlichte im kleinen Maßstabe, welche an den Feuerwerkskörpern befestigt sind und deren sichere Entzündung bewirken sollen. Man verfertigt sich für Satzröhren Cylinder aus starkem Papier, welche einen Durchmesser von etwa 5 Mm. und eine Länge von 6 bis 8 Cm. haben. Diese Röhrchen werden bis zu 2 oder 3 Cm. hoch mit Pulvermehl gefüllt und dieses festgedrückt; auf dieses kommt eine Schicht von einem Satze, welcher aus 3 Theilen Salpeter, 1 Theil Schwefel und 1 Theil Pulvermehl besteht. Die Satzröhren werden mit dem Ende, an welchem sich das reine Pulvermehl befindet, in den Feuerwerkskörper eingesetzt.

Die Zündlichter.

Die sogenannten Zündlichter sind ihrer Wesenheit nach Feuerwerkskörper, welche einen äußerst intensiv brennenden Satz enthalten und in der Pyrotechnik zum Anzünden solcher

Digitized by Google

Feuerwerkskörper dienen, welche nicht durch Lunten verbunden werden können, oder bei welchen die Leitzündung auf irgend eine Weise versagt hat. Außerordentlich energisches Brennen ist die Grundbedingung jedes guten Zündlichtes; der heftigste Sturzregen darf das Feuer derselben nicht erlöschen; unter Wasser getaucht, muß das Zündlicht ebenso fortbrennen, wie in der Luft.

Ein Feuerwerkssatz, welcher diese Eigenschaften haben soll, muß offenbar sehr reich an Sauerstoff sein, die Vorschriften für Zündlichte geben daher allgemein die Verwendung von viel Salpeter an, der dem Schwefel die genügende Sauerstoffmenge liefern muß. Um einen möglichst gleichmäßigen Zündlichtsatz zu erhalten, empfiehlt es sich, denselben theilweise auf warmem Wege zu bereiten.

Man stellt sich daher das Gemisch aus Salpeter und Schwefel, auf warmem Wege dar. Dieser sogenannte Salpeterschwefel wird durch Zusammenschmelzen von einem Gewichtstheile Schwefel mit 3 Theilen Salpeter und Pulvern der geschmolzenen Masse erhalten. Im nachfolgenden geben wir einige Vorschriften zur Herstellung des Zündlichtersatzes.

	Deutscher Satz.	Französischer Satz.
Salpeterschwefel	100	6
Schwefel	0	3
Fichtenharz	8	0
Pulvermehl	80	1,5

Einige Pyrotechniker setzen dem Zündlichtersatze auch Schwefelantimon oder gewöhnliches Pech zu; wir lassen zwei derartige Vorschriften folgen:

Salpeter	26	30
Schwefel	13	10
Pulvermehl	12	15
Schwefelantimon	4	0
Schiffspech	0	5

Gewöhnlich giebt man den aus sehr starker Pappe angefertigten Hülsen, welche zweckmäßig mit Salpeter getränkt werden, damit die Hülse zugleich mit dem Satze verbrenne, eine Länge von etwa 50 Cm. bei einem inneren Durchmesser von 1 Cm. Der Satz wird in Partien eingebracht, so daß jede Partie locker aufgeschüttet, etwa 5 Cm. Höhe besitzt; sodann wird ein in die Höhlung passender Stab eingesetzt und der Satz durch einige kräftige Hammerschläge gedichtet.

Ein richtig bereitetes Zündlicht giebt eine Flamme von etwa 1 Dm. Länge, die in gerader Richtung aus der Hülse hervorgetrieben wird. Um das ganze Zündlicht ausnützen zu können, giebt man in das untere Ende der Hülse vor der Füllung einen Korkpfropf und ersetzt diesen sodann durch einen gut in die Hülse passenden Stab, den man mit Draht an der Hülse festbindet. Um den Satz kräftig dichten zu können und auf diese Art lang brennende Zündlichter zu erhalten, wird der Satz auch bisweilen mit so viel Leinöl angefeuchtet, daß er beim Schlagen einen dicken Teig bildet.

Die Feuerwerks-Fackeln.

Die Feuerwerks-Fackeln dienen dazu, bei öffentlichen Festen, Theater-Vorstellungen u. s. w. ein ruhiges gleichmäßiges aber sehr kräftiges Licht zu geben. Man bereitet sie auf folgende Weise: Alte Bindfäden, z. B. solche, welche zum Binden von Zuckerhüten gedient haben, werden mit einer Salpeterauflösung (1 Salpeter 10 Wasser) getränkt, nach dem Trocknen in einer Spirale um einen fingerdicken und 1 Meter langen Holzstab gewickelt und mit dicker Anfeuerung bestrichen. Nachdem dieser Ueberzug trocken geworden ist, taucht man den Stab in folgende Mischung:

Digitized by Google

Fichtenharz 40
Terpentin 5
Schwefel 8

und wiederholt das Eintauchen mehrere Male, so daß der entstehende Cylinder etwa 2½ Cm. Durchmesser besitzt. Will man demselben das Aussehen einer Wachsfackel geben, so bestaubt man ihn mit Schwefelpulver und bestreicht ihn mit geschmolzenem Wachs. Schließlich wird die Fackel durch Rollen zwischen zwei Brettern vollkommen cylindrisch gemacht.

Die sogenannten Brandfackeln, welche als eine beim Abbrennen eines Feuerwerkes immer vorhandene Feuerquelle benützt werden, fertigt man ganz so an, wie dies soeben beschrieben wurde, nimmt aber zu ihrer Herstellung ganz billiges Schwarzpech oder Asphalt und mischt diesem noch Salpeter und Schwefel zu. Bei Anwendung von Asphalt ersetzt man den Terpentin durch Petroleum. Man nimmt

Asphalt 40
Petroleum 4
Salpeter 6
Schwefel 2

Anstatt der Bindfäden kann man auch Streifen alter Leinwand verwenden, mit denen man den Holzstab umwickelt und in das geschmolzene Gemenge taucht.

IX.

Pyrotechnische Farbenlehre.

Dem Feuerwerker stehen nebst weißem Licht eigentlich nur vier Farben zu Gebote und zwar roth, gelb, grün und blau. Manche Präparate, welche der Flamme eine Färbung ertheilen, thun dies nur in geringem Grade, und ist es auch nicht möglich, durch eine Steigerung in der Menge des färbenden Körpers die Farbenstärke über einen gewissen Grad hinauszubringen.

Die am häufigsten angewendeten Präparate für die einzelnen Farben sind nun folgende:

Für Roth: Lithiumpräparate (schön dunkelroth, aber sehr kostbar), Strontium-Nitrat (karminroth), Calciumpräparate (hellroth).

Für Gelb: Alle Natrium-Verbindungen.

Für Grün: Baryum-Nitrat, Ammon-Nitrat.

Für Blau: Kupfer-Carbonat und andere Kupfer-Verbindungen (dunkelblau), Calomel und andere Queckſilber-Verbindungen (theuer; hellblau).

Es sei hier noch erwähnt, daß metallisch-schimmernde Farben, namentlich goldgelb und goldroth durch Eisenfeilspäne oder größere Kohlenkörner hervorgebracht werden.

Eine wichtige Aufgabe des Pyrotechnikers ist es nun, durch entsprechendes Mischen zweier verschieden farbiger Sätze oder durch gleichzeitiges Abbrennen zweier neben einander stehenden ungleichfarbigen Objecte eine neue

Digitized by Google

Lichtwirkung zu erzielen. Es ist dies jedoch unstreitig einer der schwierigsten Theile im ganzen Gebiete der Pyrotechnik und es kann eigentlich nur durch Ausführung sehr vieler Versuche hier ein Resultat erzielt werden.

Eine große Anzahl von farbigen Feuerwerkssätzen giebt beim Mischen keine farbige Flamme, welche die Mischfarbe aus beiden zeigen würde, sondern eine nahezu rein weiße Flamme und lassen sich sogar durch Mischen der Sätze, welche gerade die intensivsten Farben zeigen, ganz rein weiß brennende herstellen.

Durch Mischen von roth und gelb erhält man bei gewöhnlichen Farben orange; diese Farbe aber mit Feuerglanz läßt sich einfach mit Hilfe von Kohlen- oder Eisenpulver bereiten, welches man einem weißbrennenden Satze beimengt. — Blau und gelb zusammen geben grün; man hat nun viele Versuche gemacht, die theueren Baryumpräparate oder das Ammonpikrat durch Gemenge der billigen blauen und gelben Sätze in Grünfeuer zu ersetzen, aber ohne Erfolg; es entsteht nie ein eigentliches Grün, wie man auch die Verhältnisse wählen mag. — Roth und blau giebt gemischt violett, und kann man diese Mischfarbe direct durch Mengen eines rothen mit einem blauen Satze erhalten.

Man macht in der Feuerwerkerei häufig Anwendung von einer Erscheinung, welche in der Beschaffenheit unseres Auges ihre Begründung hat. Blickt man lange einen hellleuchtenden rothen Körper an und schaut dann auf eine weiße Wand, so sieht man einen grünen Fleck; das umgekehrte tritt ein, wenn man auf eine grell erleuchtete grüne Fläche geblickt hat. Im ersten Falle ist das Auge für die rothen Strahlen momentan unempfindlich geworden, es sieht

Digitized by Google

nur mehr die gelben und blauen Lichtstrahlen, welche zusammen grün geben, — oder es ist für gelb und blau (welche das Grün zusammensetzen) unempfindlich geworden und sieht nur roth.

Auf ähnliche Weise verhält es sich mit blau und orange, und nennt man solche Farben, weil sie zusammen die Elemente des weißen Lichtes (roth, gelb, blau) enthalten und passend gemischt sich auch wirklich zu weiß ergänzen: Ergänzungsfarben oder complementäre Farben.

Wenn man die Stärke einer Farbe erhöhen will, damit sie mit ganz besonderem Glanze hervortrete, so wählt man zu diesem Zwecke einen Satz, welcher mit verhältnißmäßig geringer Licht-Intensität abbrennt, und stellt neben ihn einen anderen sehr hell brennenden, welcher die Ergänzungsfarben des ersteren enthält. Man kann durch Anwendung dieses Kunstgriffes, abgesehen von den überraschend hübschen Effecten, auch an theueren Körpern sparen, wie gerade Baryum- und Strontium-Verbindungen sind.

Ein Beispiel wird das Gesagte am besten erläutern. Es sei dunkelroth gefärbtes Licht herzustellen, aber es sei der Satz nicht mit Strontium-, sondern mit Kalkpräparaten bereitet worden, welche nur eine ziemlich hellrothe Flamme liefern. Stellt man zwischen mehrere dieser Feuerwerkskörper einen einzigen, welcher einen sehr scharf brennenden Satz von grüner Färbung enthält, und entzündet alle gleichzeitig, so wird das Auge in kürzester Zeit gegen das grüne (das ist gelbes und blaues) Licht so abgestumpft, daß es nur mehr das rothe sieht. Da es immer eine gewisse, wenn auch sehr kurze Zeit dauert, bis das grüne Licht diesen Einfluß auf das Auge vollständig genommen hat, so wird ein aufmerksamer Beobachter wahrnehmen, wie sich das Anfangs zarte Hellroth, welches den Calciumflammen eigen ist, immer

Digitized by Google

dunkler färbt und endlich in das herrlichste Purpurroth übergeht.

Ein nur hellblau brennender Satz liefert eine dunkelblaue Flamme, wenn man neben ihm einen aus Calcium- und Natrium-Satz orange brennenden Satz abbrennt u. s. w. — Es lassen sich für die Herstellungen dieser Lichteffecte, welche wir mit unter die schönsten in der Pyrotechnik rechnen, keine festen Regeln aufstellen; es ist vielmehr jedem Pyrotechniker zu empfehlen, sich einmal eine ganz bestimmte Anzahl von Vorschriften zur Bereitung einfärbiger Sätze auszuwählen und mit diesen Sätzen sodann Versuche zu machen; es wird dem aufmerksamen und genau vorgehenden Feuerwerker dann nicht schwierig fallen, alle nur erdenklichen Abstufungen der Farben hervorzubringen.

Eine beliebte und sehr schöne Darstellung in der Pyrotechnik ist der Farbenwechsel gewisser unbeweglicher Objecte, wie sie z. B. die Feuergarben, die Cascaden oder Wasserfälle und andere Gegenstände sind. Dieselbe wird hervorgerufen, indem man in eine Hülse mehrere Schichten verschiedenfarbiger Sätze stampft, die einer nach dem andern zur Entzündung gelangen.

Es ist bei der Herstellung dieser Körper bezüglich der Farbenfolge eine gewisse Ordnung einzuhalten; hat man z. B. Anfangs eine rothe Flamme und soll blau folgen, so ist die Flamme zuerst violett und wird erst allmälig blau; wenn man aber zwischen den rothen und den blauen Satz eine kleine Schichte eines rein weißen einschaltet, so springt das rothe Licht fast momentan in das blaue über, und wird das Weiß meist ganz übersehen, da die rothen Strahlen im Auge einige Zeit nachwirken. Bei sehr grellem Rothfeuer und nachfolgendem Weiß- und Blaufeuer geht das Roth durch Grün sehr schön in Blau über u. s. w.

Digitized by Google

Der Pyrotechniker muß nothwendiger Weise diese verschiedenen Farbenerscheinungen aufmerksam studieren und wird dann die schönsten Effecte erzielen; es handelt sich in der Kunstfeuerwerkerei nicht blos um Knalleffecte im wahren Sinne des Wortes, sondern auch darum, durch reine Farben und schön vermittelte Uebergänge der einen in die andere dem Auge eine freudige Ueberraschung zu bereiten.

X.

Die Feuerwerkssätze.

Je nach der Art des Abbrennens der Feuerwerkssätze theilt man sie in verschiedene Gruppen und unterscheidet man vor allem anderen kräftige, rasche und matte oder faule Sätze. Ein kräftiger rascher Satz brennt in sehr kurzer Zeit unter Entwickelung eines sehr starken Lichtes und hoher Temperatur ab und eignet sich besonders zur Herstellung solcher farbiger Feuer, welche mit schwer flüchtigen Präparaten bereitet werden sollen. Ein Hauptbestandtheil dieser Sätze ist immer Kalium-Chlorat, welches durch die große Sauerstoffmenge, die es entwickelt, die Verbrennung außerordentlich beschleunigt.

Ein matter oder fauler Satz brennt langsamer ab, entwickelt keine hohe Temperatur und liefert ein viel schwächeres Licht als ein starker. Es muß daher als Regel angesehen werden, daß bei auf einander folgenden Feuern die matten Sätze stets vor den kräftigen abgebrannt werden;

Digitized by Google

geschehe das umgekehrte, so würde die Wirkung der matten Sätze eine zu geringe sein.

Je nach dem Zwecke, zu welchem die Sätze dienen sollen, unterscheidet man Leuchtsätze, Farbensätze, Funkensätze und Treibsätze. Die Namen der einzelnen Sätze geben auch schon so ziemlich ihre Bestimmung in der Pyrotechnik an. Ein Leuchtsatz ist dazu bestimmt, helles Licht zu verbreiten; je nachdem dieses rein weiß oder verschiedenfarbig ist, unterscheidet man wieder Weiß-Feuersätze und Farben-Feuersätze. Die Farbensätze liefern verschiedenfarbige Flammen, die eventuell als kräftige oder auch als matte Sätze bereitet werden, je nach dem Feuerwerkskörper, der aus ihnen dargestellt werden soll. Funkensätze geben beim Abbrennen einen Regen verschiedenfarbiger Funken. Treibsätze sind solche, welche beim Entzünden des Objectes eine Bewegung nach aufwärts oder im Kreise hervorrufen. Da derartige Sätze meistens zur Füllung jener Objecte gewählt werden, die man in der Pyrotechnik als Raketen bezeichnet, so benennt man sie auch Raketensätze.

XI.

Die Leuchtsätze.

Die Leuchtkraft eines brennenden Körpers hängt von der Temperatur ab, bei welcher er verbrennt; je höher diese ist, desto stärker erglühen die Dämpfe oder festen Körper, welche in der Flamme mit emporgerissen werden. Man wird daher zu Leuchtsätzen immer solche Mischungen wählen,

Digitized by Google

welche eine hohe Verbrennungstemperatur haben; da diese durch reichliche Sauerstoffzufuhr bewirkt wird, so ist leicht einzusehen, daß die Hauptrolle in diesen Sätzen jene Körper spielen werden, welche in der Hitze Sauerstoff abzugeben vermögen.

Der Salpeter ist zwar eine sauerstoffreiche Verbindung, doch ist in Erwägung zu ziehen, daß der Salpeter selbst erst in stärkster Weißgluth den größten Theil seines Sauerstoffgehaltes abgiebt, somit einen großen Theil der Verbrennungswärme für die Sauerstoffproduction selbst in Anspruch nimmt. Um diesem Uebelstande etwas abzuhelfen, setzt man dem Salpeter ein sehr rasch abbrennendes Gemenge zu, welches man wegen seiner grauen Farbe in der Feuerwerkerei als grauen Satz bezeichnet.

Der graue Satz.

Dieses für den vorangegebenen Zweck sehr wichtige Object wird erhalten, indem man 75 Theile Salpeter mit 25 Theilen Schwefel schmilzt und mit 7 Theilen Pulvermehl mengt. Wie aus der Zusammensetzung hervorgeht, ist der graue Satz eigentlich ein an Sauerstoff und Schwefel sehr reiches, aber an Kohle armes Schießpulver, das aber mit größter Heftigkeit abbrennt.

Findet man nun, daß ein Leuchtsatz zu wenig Licht entwickelt, so setzt man ihm vorerst eine kleine Menge eines Leuchtsatzes zu, bis der gewünschte Effect eintritt.

Es kann aber auch geschehen, daß mittelst des grauen Satzes der Zweck, welchen man anstrebt, gar nicht zu erreichen ist, indem das verwendete Präparat, das die Flamme färben soll, so schwer flüchtig ist, daß die Verbrennungstemperatur des Satzes gar nicht hinreicht, dasselbe zur Verdampfung zu bringen. In diesem Falle bleibt nichts

Digitized by Google

anderes übrig, als eine gewisse Menge des Salpeters durch Kalium-Chlorat zu ersetzen. Man hat vielfach vorgeschlagen, den Salpeter in derartigen Sätzen gänzlich durch Kalium-Chlorat zu ersetzen, was wir aber nicht empfehlen wollen, und zwar aus rein ökonomischen Gründen. Das Kalium-Chlorat kommt um vieles höher zu stehen, als der Salpeter; seine Wirkung hat aber in einem Feuerwerkssatz offenbar seine Grenze: sobald im Momente ein solches Sauerstoffquantum frei wird, um die überhaupt verbrennbaren Körper, welche sich in dem Satze vorfinden, und das sind fast ausschließlich Schwefel und Kohle, vollständig zu verbrennen; so ist dieses auch ausreichend, um die färbenden Substanzen zur Verdampfung zu bringen; jede weitere Entwickelung von Sauerstoff ist ganz nutzlos, ja sogar nachtheilig, indem ja dieser Proceß auch ein gewisses Wärmequantum beansprucht.

Wendet man ausschließlich Kalium-Chlorat an, so geht ein großer Theil dieses werthvollen Präparates absolut gänzlich verloren; der Satz verbrennt unter Inanspruchnahme einer gewissen Sauerstoffmenge, der Rest desselben geht unbenützt in die Luft über. — Es ist daher in allen Fällen zu empfehlen, mit dem Zusatze von Kaliumchlorat zu sparen und einem mit Salpeter bereiteten Satze, der selbst auf Zugabe von grauem Satz zu matt brennen würde, nur allmälig, gleichsam als Verstärker, kleine Mengen von Kalium-Chlorat zuzusetzen, bis die Lichtstärke die höchste geworden.

Man kann die hier einzuhaltende Grenze leicht durch einen einfachen Versuch ermitteln. Man bereitet sich einen bestimmten Feuerwerkssatz und setzt kleinen Partien desselben, z. B. je 100 Grammen, Kaliumchlorat in Portionen von 5 zu 5 Gramm zu. Mit diesen Probesätzen werden

Digitized by Google

nun Hülsen gefüllt und neben einer Hülse mit dem ursprünglichen Satze aufgestellt. Wenn man nun alle Mischungen zugleich entzündet, so ist es nicht schwierig, zu beurtheilen, welche derselben am hellsten brennt und folglich die geeignetste für einen Leuchtsatz ist. Findet man z. B., daß die Hülse 3 (die mit dem gewöhnlichen Satze gefüllte ungerechnet) die stärkste Licht-Intensität entwickelt, so heißt dies soviel, als: Ein Zusatz von 15 Percent Kalium-Chlorat zu dem betreffenden Satze steigert seine Wirkung auf das höchstmögliche.

Durch diesen einfachen Probeversuch ermittelt man nun ganz genau, wie viel Kalium-Chlorat überhaupt erforderlich ist, um einem mit Hilfe des billigen Salpeters bereiteten Satze gerade die höchste Licht-Intensität zu ertheilen. Noch bedeutender wird die Verbrennungs-Temperatur dadurch gesteigert, daß man nicht Kalium-Chlorat für sich allein anwendet, sondern mit Schwefel auf das innigste mischt.

Das Schwefel-Kalium-Chlorat,

so heißt man dieses Gemenge, wird dargestellt aus 125 Gewichtstheilen Kalium-Chlorat und 35 Gewichtstheilen Schwefel. Es wurde schon hervorgehoben, daß es nicht angeht Kalium-Chlorat mit Schwefel durch Zusammenreiben, ja nicht einmal durch Mischen der Pulver mittelst eines harten Körpers zu vermengen, eine sehr heftige Explosion könnte die Folge eines derartigen Versuches sein. Man kann aber auf die Weise zum Ziele gelangen, daß man die beiden Substanzen für sich allein sehr fein pulvert, etwas anfeuchtet und in einer Mischtrommel (einem drehbaren Fasse), welches durch Wasserkraft getrieben werden kann, vermengt; die Pulver dürfen selbstverständlich nur ganz leicht angefeuchtet werden, damit sie in der Trommel nicht teigig werden.

Eine sehr innige Mischung des Schwefels mit dem Kalium-Chlorat erhält man, wenn man die Substanzen als warmen Satz bereitet, das heißt zusammen schmilzt. Daß dieses Zusammenschmelzen unter Beobachtung der größten Vorsicht und immer nur in kleinen Quantitäten zu geschehen hat, braucht nicht erst hervorgehoben zu werden.

Wenn man einem Leuchtsatze Kohle beimengt, so wird die Leuchtkraft desselben erhöht, und zwar darum, weil die Kohle (nach dem Wasserstoffe) jener Körper ist, welcher das größte Wärmequantum beim Verbrennen liefert. Wenn es sich um die Herstellung rother, blauer oder violetter Flammen handelt, kann man mit dem Kohlenzusatz ziemlich weit gehen; sollen aber die Sätze rein weiß oder grün abbrennen, so darf eine gewisse Grenze nicht überschritten werden, weil die Kohle selbst der Flamme eine, wenn auch nur ganz schwache röthliche Farbe ertheilt.

Ueberchlorsaures Kali liefert in Leuchtsätzen die herrlichsten Wirkungen in Bezug auf Helligkeit und Farbenpracht der Flammen, leider ist dieses an und für sich auch wenig gefährliche Präparat gegenwärtig noch viel zu theuer, als daß an eine fabriksmäßige Verwendung desselben gedacht werden könnte. Nur in jenen Fällen, in welchen selbst das Schwefel-Kalium-Chlorat keine ausreichende Wirkung äußert wird die Anwendung des überchlorsauren Kalis geboten sein. Wir kennen bis zur Gegenwart keine Verbindung, welche die Verbrennung besser unterstützen würde, als diese; Verbindungen, welche in Sätzen, die überchlorsauren Kali enthalten, noch kein genügendes Resultat liefern, sind zu schwer flüchtig, um in der Pyrotechnik überhaupt Anwendung finden zu können.

Digitized by Google

Die Aufbewahrung der Feuerwerkssätze.

Einige Worte über die Aufbewahrung der Leuchtsätze und der Feuerwerkssätze im allgemeinen mögen hier eine Stelle finden. Die meisten Pyrotechniker, welche ihr Geschäft nicht aus bloßer Liebhaberei betreiben, sind darauf angewiesen, möglichst sparsam zu arbeiten, es würde sich wenig lohnen, für einige Objecte die betreffenden Sätze besonders zu bereiten. Die Bereitung der Sätze geschieht vielmehr immer im größeren Maßstabe auf einmal und wird von diesen Sätzen nach Bedarf hergenommen.

Eine große Anzahl von Feuerwerkssätzen leidet aber dadurch beim Aufbewahren, daß sie Körper enthalten, welche mit Begierde Wasser aus der Luft anziehen; wollte man einen solchen Satz in Hülsen füllen, so hätte man schon mit Schwierigkeiten zu kämpfen, um die bröcklich gewordene Masse gleichförmig zu machen; ein Trocknen durch künstliche Wärme und nochmaliges Zerdrücken des fertigen Satzes, ist immer eine ziemlich gefährliche Arbeit, da manche Sätze hierbei leicht explodiren. Sollte die Feuchtigkeits-Aufnahme so weit vorgeschritten sein, daß der ganze Satz zu einem Klumpen geworden, so muß man ihn als unbrauchbar ganz bei Seite setzen.

Um nun die Sätze in unverändertem Zustande und ganz trocken durch beliebig lange Zeit aufbewahren zu können, bedarf es gewisser Vorsichtsmaßregeln. Kleinere Mengen der Sätze füllt man in wohlgetrocknete große Glasflaschen, welche man mittelst guter Korke schließt und diese noch besonders mit Thierblase oder Kautschuk überbindet. Größere Mengen lassen sich am zweckmäßigsten in Holzkästen aufbewahren, die außen und innen mit gutgefirnißtem Papier überzogen sind und deren Deckel ebenfalls mit diesem Ueberzuge versehen sind. Nachdem der Satz in diese Kästen eingeschüttet

Digitized by Google

und leicht eingedrückt ist, legt man den Deckel auf und verklebt ihn ringsum mit doppelten Papierstreifen. So verpackt bleiben selbst Sätze, welche sonst sehr rasch veränderlich sind, durch Jahre hindurch vollkommen brauchbar.

XII.

Vorschriften zur Herstellung von Leuchtfeuern.

A. Weiße Leuchtfeuer.

Die weißen Leuchtfeuer werden für sich allein häufig angewendet, um Signale zu geben oder gewisse Orte hell zu erleuchten, man nennt derlei Leuchtfeuer wohl auch bengalische Flammen oder auch römische Lichter.

Indisches Weißfeuer.

Salpeter	100
Schwefel	30
Realgar	9

Wegen der giftigen Dämpfe, welche dieses Leuchtfeuer beim Abbrennen entwickelt — der Realgar ist Schwefelarsen — darf dasselbe nur im Freien abgebrannt werden.

Mondlicht-Feuer.

Dreifach-Schwefelantimon	6
Pulvermehl	30
Grauer Satz	90
Kalium-Chlorat	5

Brennt mit einem Lichte, welches an den eigenthümlichen Schimmer des Vollmondes erinnert.

Digitized by Google

Weißer Treib- und Leuchtsatz.

Pulvermehl	200
Kohle	120
Schwefel	15
Salpeter	75

Dieser Satz brennt ziemlich langsam ab, und kann noch langsamer brennen gemacht werden, wenn man die Menge der Kohle erhöht; er kann für sich allein angewendet werden (zu weißen Feuerstrahlen oder Signalen) und dient auch zur Herstellung sehr schöner Leuchtobjecte, welche als Leuchtbomben und Stern-Fontainen einen herrlichen pyrotechnischen Effect liefern.

B. Rothe Leuchtfeuer.

I.

Kalium-Chlorat	32
Strontium-Nitrat	48
Schwefel	18
Dreifach-Schwefelantimon	6
Kohle	2

Dieser Satz liefert zwar beim Abbrennen eine außerordentlich schöne Farbenwirkung, kommt aber der großen Menge von Strontium-Nitrat, welche es enthält, sehr theuer zu stehen, und brennt sehr rasch ab. Er eignet sich aber wegen der intensiven Flammenfärbung, die noch dazu mit großer Helligkeit verbunden ist, sehr gut zu weitsichtbaren Signalen. Minder kräftig in der Farbe, aber auch noch sehr schön ist der folgende Satz, welcher auch etwas langsamer abbrennt.

II.

Kalium-Chlorat	24
Strontium-Nitrat	30

Digitized by Google

Salpeter	8
Schwefel	18
Dreifach-Schwefelantimon	8
Kohle	4

Durch Beigabe von mehr Kohle, wohl auch von anderen verbrennbaren Stoffen, welche unter Gasentwickelung verbrennen, wie sehr feine Sägespäne, gepulverten Zucker und ähnlichen Stoffen, erhält man langsam brennende Sätze; ein eigenthümliches glühendes Dunkelroth läßt sich durch folgenden Satz erhalten.

III.

Kalium-Chlorat	20
Strontium-Nitrat	20
Salpeter	10
Schwefel	20
Dreifach-Schwefelantimon	6
Kohle	1
Zucker	2

Es sei hier bemerkt, daß sich dieser Satz und ähnlich zusammengesetzte, langsam brennende Sätze nicht besonders zur Anfertigung von Leuchtkugelsätzen, Fontainen u. s. w. eignen, weil sie eben nicht die Energie der Verbrennung besitzen, die hierzu erforderlich ist; für ruhig abbrennende Sätze, wie sie für römische Lichter verwendet werden, eignen sich derartige Mischungen sehr gut.

C. Gelbe Leuchtfeuer.

I.

Salpeter	60
Natron-Salpeter	10
Schwefel	25
Kohle	5

Digitized by Google

Wegen seines Gehaltes an dem hygroskopischen, d. h. Wasser aus der Luft anziehenden Natron-Salpeter, bedarf dieses Product einer raschen Arbeit beim Laden der Hülsen und besonderer Aufmerksamkeit beim Aufbewahren.

II.

Salpeter	70
Verwitterte Soda	6
Schwefel	25
Kohle	5

Statt der verwitterten Soda kann auch Chlornatrium, das ist Kochsalz, angewendet werden, doch muß man sich hüten, Meersalz zu benützen; dieses enthält immer Chlormagnesium, welches außerordentlich hygroskopisch ist und das fast beständige Feuchtsein des Meersalzes bedingt. Am geeignetsten ist Sudsalz, dessen Brauchbarkeit dadurch erkannt wird, daß das Pulver derselben, in der Hand gedrückt sandig bleibt, und nicht ballt. Auch bei diesen Sätzen kann man durch Vermehrung der Kohle die Branddauer des Satzes verlängern, muß sich aber vor einem Zuviel an Kohle hüten, da hierdurch das Licht nicht mehr rein gelb, sondern röthlich glühend erscheinen würde.

D. Grüne Leuchtfeuer.

I.

Kalium-Chlorat	35
Baryum-Nitrat	45
Schwefel	10
Kohle	6

Dieser Satz bietet zwar das prachtvollste Smaragdgrün, das man überhaupt hervorzubringen vermag, ist aber der großen Menge des Baryum-Präparates wegen kostspielig.

Digitized by Google

II.

Kalium-Chlorat	20
Baryum-Nitrat	20
Calomel	10
Schwefel	8
Dreifach-Schwefelantimon	5
Salpeter	20
Kohle	5
Fichtenharz	5

E. Blaue Leuchtfeuer.

I.

Kalium-Chlorat	50
Kupfer-Ammon-Sulfat	25
Schwefel	12
Kohle	16

Ein sehr schön dunkelblau abbrennender Satz.

II.

Kalium-Chlorat	25
Salpeter	50
Kupfer-Carbonat	12
Schwefel	16
Kohle	12

Brennt mit hellerem Blau als der vorhergehende, eignet sich aber sehr gut zu billigerem, ruhig abbrennendem Leuchtfeuer.

III.

Kalium-Chlorat	30
Salpeter	40
Kupfer-Nitrat-Ammon	20

Geglühter Alaun	10
Schwefel	16
Kohle	16

F. Violette Leuchtsätze.

I.

Kalium-Chlorat	30
Strontium-Nitrat	20
Kupfer-Ammon-Nitrat	15
Calomel	2
Schwefel	20
Kohle	5

Dieser Satz liefert das dunkelste Violett, ist aber für Leuchtfeuer sehr kostspielig; heller, aber auch viel billiger ist der folgende.

II.

Kalium-Chlorat	50
Kalium-Carbonat (Potasche)	10
Salpeter	20
Schwefel	15
Kohle	4

III.

Kalium-Chlorat	40
Strontium-Nitrat	20
Kupfer-Sulfid	20
Calomel	8
Salpeter	30
Schwefel	12
Kohle	6

Digitized by Google

Die Leuchtsätze, welche hier angegeben wurden, dienen in der Feuerwerkerei zu vielen Zwecken; sie werden entweder für sich allein angewendet und geben dann in Hülsen geladen die sogenannten römischen Kerzen oder bengalischen Feuer, deren Anwendung zu allgemeinen Beleuchtungszwecken bekannt ist. Die Anfertigung der römischen Kerzen geschieht durch einfaches Laden derselben in cylindrische Hülsen, und werden wir über die Vornahme des Ladens in einem besonderen Abschnitte sprechen, da eben so gut von der Art des Ladens eines Feuerwerkssatzes dessen Erfolg abhängt, als wie von der Art der Composition selbst.

XIII.

Das Laden der Leuchtsätze.

Beim Laden eines Leuchtsatzes kommt es auf zwei Umstände an: der Satz muß möglichst gleichmäßig in die Hülsen eingestampft werden, und soll auch so dicht als möglich erhalten werden. Es ist leicht einzusehen, welche Uebelstände eine mit einem Leuchtsatze geladene Hülse zeigen wird, welche auf eine unrichtige Art geladen wurde. — Ist der Satz ungleichmäßig eingestampft; so erfolgt das Verbrennen des Satzes bald mit einer größeren, bald mit einer kleineren Flamme; die Theile derselben, welche stärker zusammengedrückt sind, kommen nicht zu so rascher Verbrennung wie die lockeren, liefern daher auch eine kleinere,

Digitized by Google

weniger leuchtende Flamme als jene Partien, welche locker sind, sich rasch entzünden und momentan eine sehr große und helle Flamme geben.

Ein Leuchtsatz, welcher unrichtig geladen wurde, zeigt daher die unangenehme Erscheinung, daß das Licht desselben Schwankungen in Bezug auf Stärke als auch auf Farben-Intensität zeigt, was für das Auge sehr unangenehm ist. Von einem gleichmäßig geladenen Satze verbrennen immer gleiche Mengen in gleichen Zeiten, und ist in Folge dessen die Gasentwickelung und Temperatur eine gleiche: die Flamme wird von Anfang bis zum Ende in Bezug auf Größe, Farbe und Helligkeit unverändert bleiben.

Die Gleichmäßigkeit der Ladung ist die Hauptsache; von etwas geringerer Wichtigkeit, doch auch nicht zu vernachlässigen ist die möglichst starke Verdichtung des Satzes; das heißt das Aneinanderpressen der einzelnen Theile des Pulvers. — Zwei Hülsen von gleichen Dimensionen und mit dem gleichen Satze gefüllt, können auf sehr verschiedene Weise abbrennen; jene, bei welcher große Sorgfalt auf das Verdichten des Satzes (durch anhaltendes Stampfen) gelegt wurde, wird länger und gleichmäßiger brennen, als die, deren Inhalt nur schwach verdichtet wurde; in Folge der rascheren Verbrennung der ganzen Masse wird aber letztere ein stärker leuchtendes und daher gefärbteres Feuer geben.

Je nach dem Zwecke, zu welchem der Feuerwerkskörper dienen soll, wird man daher den Satz mehr oder minder zu dichten haben.

So einfach auch die Arbeit des Ladens der Hülsen auf den ersten Blick zu sein scheint, erfordert sie dennoch viele Aufmerksamkeit und Vorsicht. Wenn wir die Zusammensetzung der Sätze, welche zu Leuchtfeuern dienen, in's

Digitized by Google

Auge fassen, so finden wir, daß sie alle ohne Ausnahme Kalium-Chlorat und Schwefel enthalten; dies sind aber zwei Körper, die zusammen sehr heftig explodiren. Um dem Eintreten von Explosionen, welche beim Bearbeiten der trockenen Sätze eintreten würden und von den traurigsten Folgen begleitet sein könnten, vorzubeugen, halte man Folgendes als Regel fest:

Jeder Leuchtsatz wird vorsichtig trocken und ohne zu reiben gemischt; soll er zum Laden von Hülsen verwendet werden, was nur unter Anwendung von Druck geschehen kann, so muß er mit so viel Weingeist oder Branntwein befeuchtet werden, daß die Masse zum mindesten immer feucht ist; indem man nur dann die Gewißheit hat, daß sie beim Zusammendrücken nicht explodire.

Das richtige Anfeuchten erfordert viele Uebung; feuchtet man zu schwach an, so ist die Manipulation mit dem Satze immer mit einer gewissen Gefahr verbunden; feuchtet man zu stark an, so wird die Masse teigig und ist es schwierig, dieselbe gleichmäßig in die Hülsen zu bringen. Als Probe, daß man richtig befeuchtet hat, kann Folgendes dienen: Man nimmt etwas von dem Satze und formt daraus durch leises Drücken einen kugelförmigen Körper; die Masse darf hierbei nicht schmierig werden oder an den Fingern haften; geschieht dies, so ist sie zu stark befeuchtet. Die mit den Händen geformte Kugel muß, wenn man sie etwas kräftiger zwischen zwei Fingern drückt, in mehrere Stücke zerfallen und darf sich nicht zu einer Scheibe zusammendrücken lassen.

Digitized by Google

Die Lade-Vorrichtungen.

Das eigentliche Laden der Hülsen wird von der Mehrzahl der Feuerwerker noch auf die einfachst mögliche Weise ausgeführt: man giebt etwas von dem Satze in die Hülse, stemmt dieselbe auf eine Unterlage, setzt einen cylindrischen Stab auf den Satz und dichtet letzteren durch einige Schläge. Wir haben nun gefunden, daß dieses Verfahren sehr viele Uebelstände bietet, sehr zeitraubend ist, indem es beide Hände des Arbeiters in Anspruch nimmt, und nur eine Hand zur eigentlichen Arbeit des Einfüllens, die andere aber zum Halten der Hülse verwendet wird.

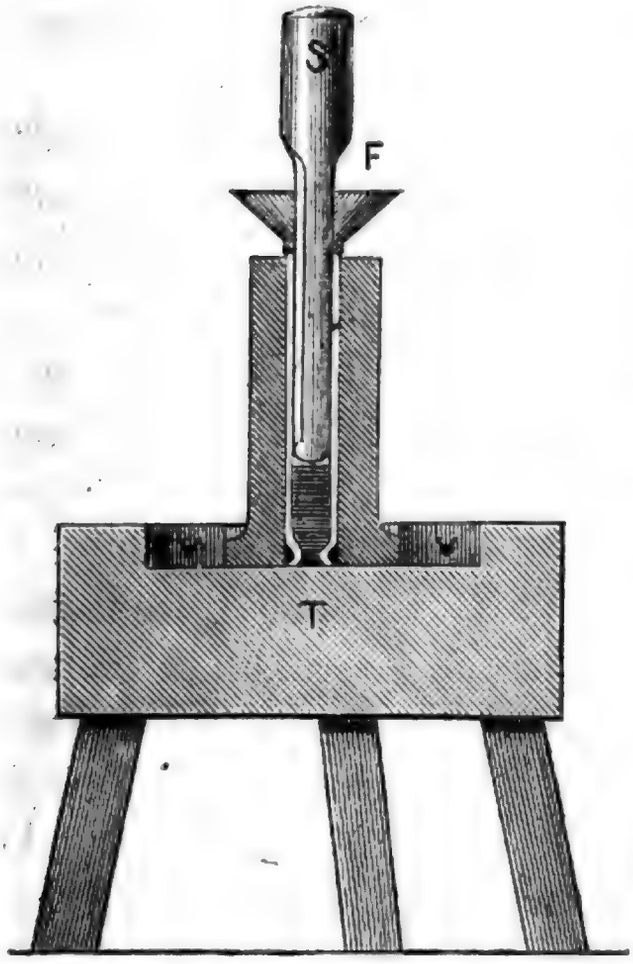
Wir benützen stets einige einfache mechanische Vorrichtungen, welche ein beschleunigtes, sicheres und dabei gleichmäßiges Arbeiten gestatten, und empfehlen Jedermann, der sich in etwas größerem Maßstabe mit Pyrotechnik beschäftigt, mit diesen billig zu beschaffenden Vorrichtungen zu arbeiten; die Schnelligkeit und Gleichmäßigkeit der Arbeit bringt in kurzer Zeit die Anschaffungskosten derselben herein.

Die Lade-Vorrichtungen, deren wir uns zum Laden der Leuchtfeuer und aller anderen Feuerwerkskörper bedienen, welche nicht in die Kategorie der Raketen gehören, sind aus Holz gefertigt, und bestehen aus den nachfolgenden Theilen, welche aus gegenüberstehender Figur 5 ersichtlich sind. Der niedere, sehr stark gearbeitete Tisch T hat oben eine quadratische Vertiefung V von einer Größe, groß genug, um die dickste Hülsenform aufzunehmen. Die Hülsenform besteht aus einem Holz-Cylinder, welcher um etwas, beiläufig 1 Cm., kürzer ist, als die zu ihm gehörige Hülsennummer, und dessen Durchmesser etwa um 1 Mm. mehr beträgt, als der äußere Durchmesser einer viermal

Digitized by Google

gewickelten Hülse. Man wählt den Durchmesser etwas größer, um die Hülsenform auch für Hülsen mit stärkerer Papierlage verwenden zu können. Die Hülsenform ist unten etwas breiter und hat einen quadratischen Ansatz. Bei kleineren Hülsenformen wird der zwischen Hülsenform und der Wand der Vertiefung V freibleibende Raum mit Holzstücken ausgefüllt und diese durch kleine Keile angepreßt, so daß die Hülsenform unverrückbar feststeht. In diese Hülsenform wird die zu ladende Hülse mit dem zugeschnürten Ende nach unten eingeschoben und auf sie der kleine breite Fülltrichter F aufgesteckt.

Fig. 5.



Der Stempel S, dessen Form aus der Zeichnung ersichtlich ist, muß genau denselben Durchmesser haben, wie der Cylinder, um welchen die Hülsen bei der Anfertigung gerollt wurden, und darf unten keine glatt abgeschnittene Fläche haben, sondern muß schwach abgerundet sein. — Wenn man diesen Stempel in die Hülse einführen und durch einen kräftigen Schlag hinabtreiben würde, so könnte Explosion erfolgen; — unter dem Stempel befindet sich Luft, welche durch den Schlag sehr stark zusammengedrückt wird, sich aber hierbei so bedeutend erhitzt, daß die erzeugte Wärme hinreichend sein kann, um den schon in der Hülse

Digitized by Google

befindlichen Satz zu entzünden. (Bekanntlich ist die Wärme-Entwickelung beim raschen Zusammenpressen von Luft so groß, daß ein Stück Feuerschwamm, welcher an dem Stempel des sogenannten pneumatischen Feuerzeuges befestigt ist, brennend wird.)

Je genauer Hülse und Stempel zu einander passen, — und zwar sollen sie möglichst genau aufeinander passen — desto größer ist die Explosions-Gefahr durch die Erhitzung der verdichteten Luft. Es giebt aber ein sehr einfaches Mittel, diese Gefahr gänzlich zu beseitigen: man bringt in der Länge des Stempels einen engen Canal an, der unten an der Bodenkrümmung und oben unterhalb des dickeren Ansatzstückes nach außen mündet. Beim Einschieben des Stempels — nicht beim Eintreiben desselben durch einen Schlag, was nie geschehen soll — entweicht die Luft, welche sich unter dem Stempel befindet, durch diesen Canal, ohne daß eine Verdichtung oder Erwärmung derselben stattfände.

Das Laden der Hülsen kann nicht auf die Weise ausgeführt werden, daß man die Hülse mit dem Satze vollschüttet, und diesen sodann zusammendrückt, sondern darf nur partienweise geschehen, und zwar soll man in Hülsen von geringerem Durchmesser nie mehr auf einmal von dem Satze einbringen, als eine Säule, deren Höhe gleich dem Durchmesser der Hülse ist; bei Hülsen mit größerem Durchmesser darf man nicht einmal Schichten von dieser Höhe nehmen, wenn man die Ladung von gleichmäßiger Dichte haben will.

Man verfertigt sich daher für jede Hülsensorte Maße, welche ganz gut aus einem Stück Hülse bestehen können, das von gleichem Caliber wie die zu ladende von der Höhe des Durchmessers der Hülse ist, und durch eine unten

Digitized by Google

aufgeklebte Papierscheibe in ein Gefäß verwandelt ist. Wenn man diese kleinen cylindrischen Gefäße an einen kleinen zu einem Handgriff geformten Holzstab anleimt, so hat man eine Ladeschaufel bester Construction.

Das Laden der Hülsen erfolgt nun auf ganz einfache Weise: Man schüttet eine oder zwei Ladeschaufeln voll des Satzes in die Hülse, schiebt den Stempel S ein, bis er den Satz berührt, und giebt auf den Kopf des Stempels eine Anzahl von Schlägen, je nachdem man einen mehr weniger gedichteten Satz haben will. Um stets den richtigen Druck mit einer bestimmten Anzahl von Schlägen hervorzubringen, geben manche Autoren genau das Gewicht des Holzhammers an, dessen man sich zum Schlagen bedient, sowie die Anzahl der Schläge, welche man zu machen hat. Wir machen diese Angaben nicht, weil wir die Ueberzeugung haben, daß sie keinen praktischen Werth besitzen; ein kräftigerer oder nur mit etwas längeren Armen versehener Mensch schlägt mit einem leichteren Hammer stärker zu, als ein anderer mit dem schwereren.

Wenn man mit dem Laden so weit vorgeschritten ist, daß die Hülse schon nahezu gefüllt ist, so hat der Stempel keine sichere Führung mehr, und muß ihm diese durch Halten mit der Hand ertheilt werden. Bei solchen Leuchtsätzen, welche während des Brennens die Farbe wechseln sollen, muß man ziemlich genau wissen, wie hoch schon der Satz in der Hülse steht; das gleiche ist der Fall, wenn außer einem Leuchtsatze gleichzeitig ein Treib-Leuchtsatz, Leuchtkugeln, Sterne u. s. w. eingebracht werden sollen. — Man erkennt zwar an dem Stand des Stempels, wie hoch der Satz in der Hülse steht, verwendet aber sehr zweckmäßig zur Untersuchung dieses Standes einen Maßstab, der in Centimeter getheilt ist. Da die Theilung desselben durch den Satz

Digitized by Google

bald geschwärzt sein würde, so empfiehlt es sich, einen cylindrischen schwarzen Stab zu verwenden, an dem die Centimeter-Marken vertieft und in Ringform angebracht sind. Ist der Stab schmutzig geworden, so läßt sich durch Abwischen die Theilung leicht wieder sichtbar machen.

Wenn die Hülse so weit gefüllt ist, daß der Satz bis einige Centimeter unter den oberen Rand derselben reicht, so schüttet man trockenen Thon, Sägespäne, Sand u. s. w. auf drückt diese Stoffe ein, so daß sie in einer Ebene mit dem Rand der Hülse stehen und klebt über diese indifferente Schicht ein Blatt starkes Papier oder leimt ein kurzes Hülsenstück von etwas größerem Durchmesser wie einen Schachteldeckel auf. — Wenn man die Satzschichte oben eben drückt, und eine Papierscheibe, welche genau dem inneren Durchmesser der Hülse entspricht, darauf legt, so kann man den noch frei bleibenden Raum mit gewöhnlichem Gypsbrei ausgießen, wodurch die Hülsen sehr gut abgeschlossen werden. — Legt man in den Gypsbrei ein Stück weichen Drahtes ein, so hält dieser nach dem Erstarren des Gypses so fest, daß man die geladene Hülse ohne besonderes Auflager ohne weiteres an Latten mit Hilfe des Drahtes festbinden kann.

Die vollends geladene Hülse wird aus der Form gehoben und aufbewahrt. Nur im Falle man sie sofort zum Abbrennen fertig machen will, setzt man die Zündvorrichtung ein. — Zu dem Ende zieht man den Papierpfropf, mit welchem man die untere Oeffnung der gewürgten Hülse verschlossen hat, heraus, bestreicht die Oeffnung gut mit Anfeuerung, und setzt eine der früher beschriebenen Zündvorrichtungen — ein Zündpapier oder eine Stoppine — so ein, daß das eingeschobene Ende derselben den Satz berührt. Sollte die Hülse so stark verengt worden sein, daß sie an dem gewürgten Ende ganz geschlossen ist, so muß man in

Digitized by Google

dasselbe eine Oeffnung bohren, was aber immer vor dem Laden der Hülse zu geschehen hat, da das gewaltsame Einführen eines spitzen Werkzeuges die Explosion des Satzes zur Folge haben könnte.

Hülsen, welche für Leuchtfeuer bestimmt sind, sollen an dem anzuzündenden Ende eine ziemlich große Oeffnung haben; es ist daher zu empfehlen, sich für diese Feuerwerkskörper eigene Hülsen anzufertigen, welche nur wenig verengt sind. Die Feuergase, welche bei der Entflammung des Satzes aus der Hülse hervordringen, üben einen starken Druck aus, und könnte dieser ein Zersprengen der Hülse hervorrufen, wenn die Hülsenöffnung zu klein gewählt würde. — In jenen Fällen, in welchen man einen sehr langen Feuerstrahl wünscht, giebt man den Hülsen eine verhältnißmäßig enge Oeffnung, muß sie aber dann auch sehr dickwandig machen, oder — was sehr zu empfehlen ist — mit Draht umwinden, um dem Zerspringen vorzubeugen.

Die Leuchtfeuer werden für sich allein zu gewissen Zwecken benützt, und zwar verwendet man rein brennende Farbensätze zu weithin sichtbaren Signalen, zur Beleuchtung von größeren Plätzen bei öffentlichen Festen, sowie zur Beleuchtung von Tableaux bei Theater- und Balletvorstellungen. Durch Einstampfen verschiedenfarbiger Sätze in eine und dieselbe Hülse ist man im Stande, den Farben-Effect beliebig wechseln zu lassen, und bringt diese Farbenwandlung sehr schöne Wirkungen hervor.

Durch Versetzen von Leuchtfeuern mit gewissen kleinen Feuerwerksobjecten, welche ihrer Zusammensetzung nach ebenfalls in die Kategorie der Leuchtfeuer gehören, lassen sich

aber Wirkungen hervorbringen, welche prachtvolle Farben-Erscheinungen bieten. — Derartige kleinere Objecte sind die Leuchtkugeln, die Sterne und die sogenannten Funkensätze, an welche sich noch andere reihen, die als Schwärmer, Serpentosen u. s. w. bekannt sind.

XIV.

Von den Funkensätzen.

Wir stellen die Beschreibung dieser besonderen Art von Leuchtsätzen denen der Leuchtkugeln und der Sterne voran, weil sie in ihrer Zusammensetzung den gewöhnlichen Leuchtsätzen am nächsten kommen. — Die Funkensätze haben die Eigenthümlichkeit, beim Abbrennen aus dem Flammenkegel, welcher durch den brennenden Satz gebildet wird, Funken von verschiedener Farbe und Größe auszuwerfen. Stellt man eine Hülse, welche mit einem derartigen Satz geladen ist, vertical auf, so werden die Funken in einem dichten Strahle nach oben geschleudert, fallen in einem anmuthigen Bogen herab und bringen den Eindruck eines feurigen Springbrunnens hervor; stellt man sie in horizontaler oder schiefer Richtung, so hat man eine feurige Cascade u. s. w.

Die Funkensätze werden auf sehr einfache Weise bereitet, indem man den Leuchtsätzen verschiedene Substanzen in mehr weniger fein gepulvertem Zustande beimischt; sind die Theilchen dieser Körper sehr klein, so erhält man einen dichten, zarten Funkenregen von kurzer Dauer, — sind sie gröber,

Digitized by Google

so ist zwar der Funkenregen weniger dicht, aber dafür von längerer Dauer, indem die brennenden Theilchen in der Regel höher geschleudert werden.

Als Funken gebende Körper verwendet man hauptsächlich die Pulver von Antimonmetall, von Zink, Eisen (und zwar von Schmiede- und Gußeisen und Stahl), sowie Späne von Kupfer und Kohle. Bei den Metallspänen ist eine Hauptbedingung für den Effect die, daß die Späne absolut rostfrei seien. Will man einen wahren Funken- oder Sprühsatz haben, das heißt einen solchen, welcher ohne Unterbrechung Funken ausschleudert, so mischt man die Metallspäne vorsichtig in den ganzen Satz ein und stampft diesen, wie oben angegeben, in die Hülsen; soll das Auswerfen von Funken nur innerhalb bestimmter Zeitabschnitte — stoßweise — erfolgen, so theilt man den Leuchtsatz in zwei Partien, deren einem man die Funken gebenden Körper beimischt.

Das Laden der Hülsen wird dann auf die Weise vorgenommen, daß man einmal eine Schicht des reinen Satzes einstampft, auf diese eine Lage des Funkensatzes bringt und damit abwechselnd fortfährt, bis die Hülse gefüllt ist. Das Abbrennen eines solchen Satzes erfolgt nun auf die Art, daß die Flamme eine Zeitlang ruhig fortbrennt, dann von einem Funkenausbruch begleitet wird und so fort. Durch geschickte Combination von verschiedenfarbigen Leucht- und Funkensätzen lassen sich auf diese Weise prachtvolle Farben- und Lichterscheinungen hervorrufen.

Vorschriften zu Funkensätzen.

I. Gluth-Funkenregen.

Salpeter gepulvert	60
Schwefel gepulvert	15
Kohle in Körnerform	25

Digitized by Google

Dieser Satz liefert beim Abbrennen Funken von röthlicher Färbung, welche ziemlich kräftig aus der Hülse geschleudert werden; der Effect ist aber ein sehr verschiedener, je nachdem man größere oder kleinere Kohlenkörner anwendet; bei kleinen Körnern erhält man sehr zahlreiche kurz andauernde Funken, welche lebhaft hervor sprühen; bei größeren Körnern ist die Anzahl der Funken geringer, jeder derselben gleicht aber einem Sterne, welcher aus der Hülse herausgeschleudert wird und ziemlich lange brennt, ehe er ausgebrannt ist.

Man kann sich die Kohlenkörner auf die Weise verschaffen, daß man Kohle, besonders solche von harten Hölzern, gröblich pulvert, das Pulver durch ein Haarsieb ausstaubt, die zurückbleibenden Körner aber durch Sortiren mittelst Sieben, die verschieden große Löcher haben, von einander trennt. Die Arbeit, welches dies verursacht, ist wegen des Staubens der Kohle eine ziemlich unangenehme und zeitraubende.

Sehr zweckmäßig ist es, unter Zuhilfenahme von sogenannter geformter Kohle zu arbeiten, welche man auf folgende Weise herstellt. Man pulvert Kohle sehr fein — am zweckmäßigsten geschieht dies in einem Rollfaß mittelst eiserner Kugeln — und befeuchtet das Pulver mit folgender Mischung:

Salpeter	10
Gummi	5
Wasser	100

Man näßt das Kohlenpulver nur so stark, daß es gerade so fest zusammenhält, um beim Eintrocknen zusammenhaltende Massen zu bilden. Aus dem so gebildeten Teige wird ein flacher Kuchen gebildet und dieser in das Blechsieb gelegt, dessen Löcher die Korngröße angeben sollen. Auf den

Digitized by Google

Kohlenkuchen bringt man einen linsenförmigen Holzkörper, welcher mit Blei ausgegossen ist. Der Kohlenteig muß gerade so weich sein, daß durch den Druck der Linse davon durch die Löcher des Siebes gepreßt wird. Wenn man das Sieb in eine schwingende und zugleich drehende Bewegung versetzt, so wird die Linse längs der Wand des Siebes hingleiten, Teigtheilchen durch dessen Löcher drücken, welche durch das Schwingen des Siebes abgebrochen werden. Man fängt die herabfallenden Körner auf Papier auf und läßt sie vollständig austrocknen.

Die geringe Menge von Salpeter, welche die auf diese Weise geformten Körner enthalten, macht, daß selbst bei großen Körnern die Entzündung schnell und sicher durch die ganze Masse erfolgt, wodurch die Funken sehr groß und hellleuchtend werden.

II. Diamantregen.

Salpeter gepulvert	35
Schwefel gepulvert	15
Kohle gepulvert	15
Pulvermehl	70
Gußstahl-Späne (gesiebt) . . .	40

Dieses Funkenfeuer verdankt seine Wirkung der Beimengung von Gußstahl, welcher unter blendend weißem Lichte verbrennt, so daß jeder Funken einem emporgeschleuderten Diamanten gleicht. Will man größere Funken erzielen, so muß die Verbrennungs-Temperatur eine so hohe sein, daß auch etwas größere Stahlstückchen in heftiges Weißglühen gerathen, somit bis zur Entzündungs-Temperatur erhitzt werden. Man erreicht dies dadurch, daß man dem eben angegebenen Satze etwa 10 bis 15 Percent von Schwefel-Kalium-Chlorat (3 Kalium-Chlorat, 1 Schwefel) beimischt.

Digitized by Google

III. Sternfunken.

Salpeter gepulvert	25
Schwefel gepulvert	20
Kohle gepulvert	10
Pulvermehl	45
Antimon- oder Zinkpulver	20

Das Antimon liefert rein weiße, das Zink bläulich weiße Funken; pulvert man die Metalle ziemlich fein, so daß die Stückchen derselben etwa die Größe der Körner des Jagdpulvers haben, so erhält man einen überaus reichen Funkenregen, der besonders zwischen farbigen Flammen eine überraschende Wirkung thut.

IV. Rother Funkenregen.

Salpeter gepulvert	30
Schwefel gepulvert	8
Kohle gepulvert	8
Pulvermehl	40
Schmiede-Eisenpulver (gesiebt)	15

Dieser Satz giebt prachtvoll rothe Feuerfunken, die durch das brennende Eisen hervorgerufen werden; man erhält aber den vollen Effect nur dann, wenn die Späne vollkommen blank sind; Späne, welche rostig oder mit Hammerschlag bedeckt sind, geben nur schwachleuchtende Funken.

V. Grüner Funkenregen.

Salpeter gepulvert	36
Schwefel gepulvert	8
Kohle gepulvert	8
Pulvermehl	45
Kupfer-Pulver (gesiebt)	18

Digitized by Google

Das Kupfer ertheilt dem Satze eine schön smaragdgrüne Färbung; will man denselben heller grün erhalten, so setzt man anstatt der Kupferspäne Späne aus Messing zu. Das Messing besteht aus einer Legirung von Kupfer und Zink; das Zink brennt mit bläulich weißer Farbe und wird hier durch die Farbe der Kupferflamme etwas aufgehellt. Man kann in Ermangelung von Messingspänen auch eine Mischung von Kupfer- und Zinkspänen verwenden, muß aber in diesem Falle die beiden Pulver sehr innig mischen.

XV.

Die Doppelsätze oder Brillantfeuer.

Die Leuchtsätze geben, wie erörtert wurde, einfache Flammen von charakteristischer Färbung; die Funkenfeuer geben Funken, deren Färbung durch die verschiedenen Beimengungen bedingt wird, welche man einem weißbrennenden Satze beimengt.

Es können nun beide Arten von Sätzen auf die Weise mit einander verbunden werden, daß der Satz selbst eine oder mehrere Farben zeigt und Funken von verschiedener Färbung auswirft, wodurch sehr schöne und überraschende Lichteffecte zu Stande kommen. Man kann zu dem eigentlichen Satze, das ist zu jenem, welcher den Hauptbestandtheil des Hülsen-Inhaltes ausmacht, und welchem die Funken gebenden Körner beigemischt werden, jeden Leuchtsatz benützen, doch hat man eigene Sätze, welche unter dem Namen

Digitized by Google

Brillantsätze bekannt sind und gewöhnlich nur mit den Funkenkörnern vereint als sogenannte Doppelsätze verwendet werden.

Die Brillantsätze sollen die Funken möglichst weit schleudern, weil dadurch der Effect erhöht wird; dies wird durch ein heftiges Ausströmen der Verbrennungsgase an dem eingeschnürten Ende der Hülse bewirkt, je enger diese Oeffnung, desto stärker der Gasstrom, welcher aus ihr hervordringt. Macht man aber diese Oeffnung zu eng, so kann es geschehen, daß sie durch die halbgeschmolzenen und verschlackten Verbrennungsproducte verlegt und in Folge des übergroßen Druckes die Hülse zersprengt wird. Man muß daher, um beide Verhältnisse in Einklang zu bringen, die Hülse ziemlich stark wählen und die Oeffnung derselben nicht zu klein machen.

Die eigentlichen Brillantsätze liefern immer einen sehr dichten Funkenregen und müssen stets mit einem Funken gebenden und feingepulverten Körper versetzt sein; man wählt hierzu meistens Gußeisenspäne, weil diese fast weiße, dem brennenden Stahle sehr ähnliche Funken geben, welche die Farbe der eigentlichen Funkenkörner, die eine beliebige sein kann, nicht stört.

Das Laden der Brillantsätze geschieht auf die Weise, daß man in die Hülse zuerst etwas Mehlpulver ladet, auf dieses eine Schichte Funkenkörner bringt, die von einer Lage von Brillantsatz bedeckt werden, auf welche wieder eine ganz dünne Schichte Mehlpulver und eine Lage Funkenkörner folgen; man fährt mit diesen abwechselnden Schichten fort, bis die Hülse gefüllt ist. Beim Abbrennen einer solchen Hülse, wirft der Brillantsatz kleine Funken von einer bestimmten Farbe aus, in dem Augenblicke, in welchem derselbe so weit herabgebrannt ist, daß die Lage Pulvermehl Feuer fängt, werden die in und auf ihr liegenden Funkenkörner

Digitized by Google

mit Gewalt aus der Hülse geschleudert und brennen mit den ihnen eigenthümlichen Farben ab.

Es existirt eine große Anzahl von Vorschriften zur Bereitung von Brillantsätzen; im nachfolgenden geben wir vorerst die Vorschrift zur Herstellung eines sogenannten Normalsatzes, welcher dazu dienen kann, durch passende Beimengung von Leuchtsätzen die verschiedenfarbigen Brillantsätze zu geben. Die meisten Pyrotechniker stellen aber die Brillantsätze nicht durch Mischen der zwei Sätze, sondern unmittelbar dar.

Vorschriften zu Brillantsätzen.

I. Brillant-Normalsatz.

Salpeter	12
Schwefel	5
Kohle	5
Pulvermehl	24
Gußeisenspäne	15

Dieser Normalsatz brennt mit weißer Flamme und giebt je nach der Größe der Gußeisenspäne größere oder kleinere Funken; es sei aber hier bemerkt, daß derselbe nur mit mäßiger Geschwindigkeit abbrennt. Sehr gute Wirkung erzielt man, wenn man einen Theil des Salpeters durch Kalium-Chlorat ersetzt, sehr feine und leichte Kohle anwendet, oder statt eines Theiles derselben feingepulvertes Fichtenharz in die Combination einführt. Wenn man Kienruß als Kohle anwendet, so ist der Zusatz von Harz sehr vortheilhaft; er kann aber in manchen Fällen ganz wegbleiben, wenn man eine sehr leicht verbrennliche sogenannte Rothkohle zur Verfügung hat. In manchen Werken über Pyrotechnik findet man die Angabe, daß zur Herstellung der Brillantfeuer Gummilack oder Schellack zu verwenden sei.

Digitized by Google

Die Benützung dieser theueren und kostspieligen Harze in der Feuerwerkerei muß unbedingt verworfen werden; das billige Fichtenharz leistet genau dieselben Dienste wie der Gummilack; letzteren zu Feuerwerkszwecken anzuwenden, heißt im buchstäblichen Sinne des Wortes Geld zwecklos zu verbrennen. Die Anwendung gewisser Harze, welche hoch im Preise stehen, haben in der Feuerwerkerei nur dann einen Sinn, wenn das Harz beim Verbrennen einen angenehmen Geruch entwickeln soll, wie dies bei manchem Zimmer-Feuerwerk der Fall ist.

II. Weiße Brillantsätze.

A.	Kalium-Chlorat	48
	Salpeter	12
	Schwefel	8
	Kohle (Kienruß)	24
	Eisen (Schmiede-Gußeisen)	32

Dieser Satz brennt langsam ab, und giebt keine hohe Funkengarbe, rascher und darum kräftiger Funken ausschleudernd brennt folgender Satz:

B.	Kalium-Chlorat	60
	Salpeter	60
	Schwefel	20
	Kohle (Kienruß)	25
	Antimonmetall	16
	Eisen (oder Gußeisen)	20

III. Gelbe Brillantsätze.

A. Hellgelber Satz.

Kalium-Chlorat	42
Schwefel	7
Kohle	23

Digitized by Google

Eisen	23
Fichtenharz	2
Soda, verwittert	4

B. Goldfarbiger Satz.

Kalium-Chlorat	60
Schwefel	10
Kohle	30
Salpeter	10
Natrium-Oxalat	10
Fichtenharz	10

XVI.

Die Leuchtkugeln.

Unter Leuchtkugeln versteht man in der Pyrotechnik kugelförmige Massen von Sätzen, welche mit sehr schön gefärbter Flamme brennen und aus Hülsen, welche mit einem Leucht- oder auch einem Brillantsatze geladen sind, hervorgeschleudert werden. Da die Leuchtkugeln eben dazu bestimmt sind, sich durch große Licht- und Farben-Intensität von der Flamme der Leucht- oder Brillantsätze besonders abzuheben, so darf man mit jenen Präparaten, welche den Sätzen ihre eigenthümliche Färbung ertheilen, nicht kargen, sondern muß im Gegentheile so viel von diesen Präparaten zufügen, als erforderlich ist, um die intensivste Färbung der Flamme hervorzubringen.

Digitized by Google

Wie schon der Name besagt, haben die in Rede stehenden Feuerwerkskörper eine kugelige Form, welche ihnen durch Rollen des durch Zusatz von Alkohol teigig gemachten Satzes mit den Händen ertheilt wird. Nach unseren Erfahrungen ist es jedoch zweckmäßiger, den Leuchtkugeln eine Gestalt zu geben, welche sich mehr jener des Cylinders als der Kugel nähert.

Die Leuchtkugeln sind nämlich, wie erwähnt, dazu bestimmt, aus einer Hülse emporgeschleudert zu werden; giebt man dem Objecte eine Gestalt, welche sich mehr der Form eines Cylinders als einer Kugel nähert, so schließt dasselbe inniger an die Hülse an; die treibende Kraft der unter der Leuchtkugel entwickelten Gase wirkt stärker und wird das Object höher schleudern, als wenn es eine kugelförmige Gestalt besitzt, gerade so wie ein cylindrisch-kegelförmiges Geschoß weiter fliegt, als ein kugelförmiges von gleichem Gewichte.

In Erwägung der vorangeführten Gründe geben wir den Leuchtkugeln nahezu eine solche Gestalt, wie sie die

Fig. 6.

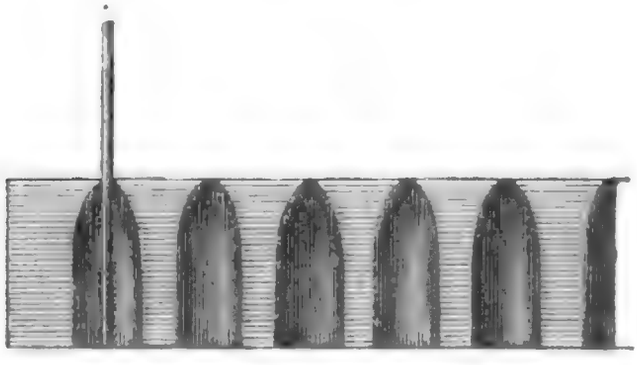


Fig. 7.

sogenannten Spitzkugeln besitzen; der Durchmesser der Leuchtkugeln ist etwa um 2 Mm. geringer, als jener der Hülse,

Digitized by Google

die Höhe des cylindrischen Theiles der Leuchtkugel ist gleich der Höhe der Hülse, die des kegelförmigen Ansatzes ist gleich zwei Drittel des Hülsen-Durchmessers.

Um die angegebenen Dimensionen genau einzuhalten, bedienen wir uns zum Formen der Leuchtkugeln hölzerner Model, wie sie gegenüberstehende Figur 6 darstellt. Der Model besteht aus einem quadratischen Holzstücke, dessen Dicke gleich der Höhe der Leuchtkugel ist, und in welches Löcher gebohrt sind, die dem Durchmesser der Leuchtkugel (2 Mm. weniger als der Durchmesser der Hülse, für welche die Leuchtkugel bestimmt ist) entsprechen.

Das Formen der Leuchtkugeln geschieht auf die Weise, daß man den Satz mittelst starken Weingeistes zu einem recht bildsamen Teig formt, in die Form eindrückt und unten glatt streicht. Sodann wird die Form so gelegt, wie sie Fig. 6 zeigt, und mit einem Stäbchen, welches einen etwas geringeren Durchmesser besitzt als die obere Oeffnung der Form, durch den Satz ein Loch gestochen, welches durch die ganze Länge desselben geht. Der auf diese Weise durch die Länge der Leuchtkugel hergestellte Canal dient dazu, die Flamme mit Sicherheit zu dem unter der Leuchtkugel befindlichen Satze fortzupflanzen. Man stellt die Form sodann an einen Ort, dessen Temperatur eine gleichmäßige ist und entfernt die getrockneten Leuchtkugeln durch leises Aufklopfen der Form aus den Höhlungen der letzteren. Fig. 7 zeigt die Abbildung einer fertigen Leuchtkugel.

Digitized by Google

Vorschriften für Leuchtkugelsätze.

I. Weiße Sätze.

A.
Kalium-Chlorat	36
Salpeter	4
Schwefel	12
Harz	4
Dreifach-Schwefelantimon	8

giebt Sternenlicht.

B.
Kalium-Chlorat	15
Salpeter	60
Bleinitrat	15
Schwefel	15
Realgar	10

giebt rein weißes Licht.

C.
Kalium-Chlorat	60
Schwefel	15
Harz	10
Antimonmetall (gepulvert)	15

giebt bläulich weißes (Mond-) Licht.

II. Gelbe Sätze.

A.
Kalium-Chlorat	30
Natron-Salpeter	25
Salpeter	50
Schwefel	15

Kohle 10
Harz 8

giebt hellgelbes Licht.

B. Kalium-Chlorat 50
Natrium-Oxalat 10
Dreifach-Schwefelantimon . . . 5
Schwefel 20
Kohle 8
Harz 8

giebt goldig schimmerndes Licht.

III. Rothe Sätze.

A. Kalium-Chlorat 50
Strontium-Nitrat 100
Schwefel 30
Schwefelantimon 20
Zucker 10

giebt das satteste Dunkelroth.

B. Kalium-Chlorat 50
Salpeter 40
Strontium-Nitrat 50
Schwefel 20
Kohle 20

giebt Carminroth.

C. Salpeter 60
Schwefel 15
Dreifach-Schwefelantimon . . . 5
Kienruß 20
Harz 5

giebt Feuerroth.

Digitized by Google

IV. Grüne Sätze.

A. Kalium-Chlorat 40
Baryum-Nitrat 60
Schwefel 25
Dreifach-Schwefelantimon . . . 5
Kohle 10
giebt Smaragdgrün.

B. Kalium-Chlorat 60
Baryum-Chlorat 50
Schwefel 30
Dreifach-Schwefelantimon . . . 10
Calomel 10
Kohle 10
giebt Grasgrün.

C. Kalium-Chlorat 30
Salpeter 40
Baryum-Nitrat 30
Schwefel 20
Dreifach-Schwefelantimon . . . 5
Harz 10
giebt blaßgrün.

V. Blaue Sätze.

A. Kalium-Chlorat 30
Kupfer-Carbonat 12
Schwefel 12
Calomel 3
Zucker 4
Dunkel-azurblau.

Digitized by Google

B. Kalium-Chlorat 40
Kupfer-Ammon-Nitrat 20
Salpeter 20
Schwefel 20
Harz 10
Kohle 15

giebt Himmelblau.

VI. Violette Sätze.

A. Kalium-Chlorat 50
Kupfer-Carbonat 12
Strontium-Nitrat 10
Schwefel 20
Kohle 10

Dunkelviolett.

B. Kalium-Chlorat 40
Salpeter 40
Kupfer-Carbonat 10
Strontium-Nitrat 8
Calomel 2
Schwefel 25
Zucker 8

helleres Violett.

Damit die Leuchtkugeln möglichst hoch geworfen werden und während des Aufsteigens vollständig verbrennen, giebt man ihnen in der Hülse eine dünne Schichte feinkörnigen Pulvers als Unterlage; um die sichere Entzündung dieses zu veranlassen, ist es nothwendig, die fertigen Leuchtkugeln mit dünner Anfeuerung zu bestreichen. Die Flamme pflanzt sich dann durch die Höhlung der Leuchtkugel zu dem

Digitized by Google

Pulver fort, und bringt dieses zur Explosion, so daß die Leuchtkugel gleichsam aus der Hülse geschossen wird. Wegen des hierbei stattfindenden Stoßes müssen die Hülsen für Leuchtkugelsätze ziemlich stark gewählt werden, um dem Platzen zu widerstehen.

XVII.

Die Sterne.

Jene Feuerwerksobjecte, welche man als Sterne bezeichnet, können als ein Mittelding zwischen den Funken und den Leuchtkugeln betrachtet werden; eigentlich sind sie nichts anderes als Leuchtkugeln in sehr kleinem Maßstabe, indem man den zur Anfertigung von Sternen dienenden Massen eine Größe giebt, welche die einer kleinen Erbse nicht übersteigt; meistens werden aber die Sterne nur von Hanfkorn- oder gar nur von Hirsekorngröße angewendet.

Das Formen der Sterne geht sehr rasch von Statten, wenn man Brettchen wählt, welche so dick sind, als die Sterne groß sein sollen (2 bis 4 Mm.) und in dieselben mittelst eines Ausschlageisens Löcher macht, welche einen der Dicke des Brettchens gleichen Durchmesser haben. Die teigförmige (mit Weingeist angefeuchtete) Satzmasse wird in die Löcher eingedrückt und die Sternchen nach dem Trocknen, was durch Auflegen der Brettchen auf Fließpapier sehr beschleunigt wird, vorsichtig ausgeklopft.

Digitized by Google

Die Sterne dienen sowohl zum Versetzen mit Leuchtsätzen, als auch zum Versetzen mit Treibsätzen; aus ersteren werden sie wie die Funken und Leuchtkugeln emporgeschleudert, aus letzteren fallen sie beim Aufsteigen der Hülse aus derselben heraus und verbrennen in der Luft.

Zur Anfertigung von Sternen eignen sich die Sätze, welche wir zur Verfertigung der Leuchtkugeln angegeben haben; doch wünscht man namentlich bei den für Treibsätze bestimmten Sternen ein weniger rasches Verbrennen, um die wegen der Kleinheit der Objecte ohnehin nur kurz dauernde Lichterscheinung nicht gar zu rasch vorbei gehen zu lassen.

Wir geben daher im Nachfolgenden einige Vorschriften zur Anfertigung von Sternensätzen, welche sehr schöne Effecte liefern.

Vorschriften für Sternsätze.

Weiß.

A.	Salpeter	24	oder B.	42
	Schwefel	12		18
	Pulvermehl	5		18

Der zweite Satz brennt etwas rascher ab, als der erste.

Gelb.

A.	Salpeter	32	oder B.	48
	Schwefel	20		24
	Pulvermehl	32		60
	Kohle	8		10
	Harz	4		2

Der zweite Satz brennt rascher als der erste.

Digiti

Roth.

Salpeter	36
Schwefel	30
Pulvermehl	36
Strontium-Nitrat	40
Schwefelantimon	5
Kohle	12

Grün.

Salpeter	35
Schwefel	10
Pulvermehl	40
Baryum-Nitrat	50
Kohle	10

Blau.

Salpeter	40
Schwefel	12
Pulvermehl	40
Kupfer-Ammon-Nitrat	30
Kohle	10
Harz	5

XVIII.

Die bengalischen Feuer.

Diese Art von Feuerwerkssätzen hat hauptsächlich die Bestimmung, mit ruhigem aber sehr satt gefärbtem Lichte abzubrennen und dient am häufigsten zur Beleuchtung von Theaterscenen, daher auch dieselben als Theaterfeuer bezeichnet werden. Große Intensität des Lichtes und der Farbe, sowie ein langsameres und ganz funkenfreies Abbrennen dieser Sätze ist die Hauptbedingung für ihre Güte.

Da man häufig stark wasseranziehende Verbindungen zur Herstellung der bengalischen Feuer verwendet, so müssen dieselben zweckmäßig verwahrt werden, um bei längerem Liegen nicht zu verderben. — Am geeignetsten hierzu sind ordinäre glasirte Thontöpfe, in welche der Satz eingedrückt wird. — Oben erhält derselbe ein Zündpapier eingesetzt, und wird der Topf so mit Schreibpapier fest verbunden, daß nur das Zündpapier durch eine Oeffnung herausragt. Das Papier wird mit einem guten Firniß überzogen und ist dadurch der Inhalt des Topfes genügend vor Feuchtigkeit geschützt, so daß man selbst sehr stark wasseranziehende Sätze Monate lang aufbewahren kann.

Vorschriften für bengalische Feuersätze.

Weiß.

	A. Reinweiß.	B. Bläulich-Weiß.
Salpeter	55	60
Schwefel	18	24

Digitized by Google

Schwefelantimon	5	0
Mennige	8	0
Realgar	0	9

C. Silberweiß.

Salpeter	70
Schwefel	18
Antimonmetall	25
Mennige	10
Harz	4

Gelb.

	A. Hellgelb.	B. Goldgelb.
Salpeter	45	60
Kalium-Chlorat	10	0
Kohle	8	5
Verwitterte Soda	18	0
Natrium-Oxalat	0	20
Schwefel	36	12
Schwefelantimon	0	2
Harz	5	4

Roth.

Die rothen Sätze lassen eine sehr große Auswahl in Bezug auf die Abstufung der Farben zu; man kann dieselben vom zartesten Rosenroth angefangen durch Carminroth bis zum dunkelsten Purpur herstellen; für Rosenroth nimmt man Calcium-Präparate; für Carminroth Strontium-Carbonat, für das dunkelste Roth aber Strontium-Nitrat oder noch besser Strontium-Chlorat; letzteres erfordert aber wegen seiner Zerfließlichkeit eine sehr aufmerksame Behandlung bei der Zubereitung des Satzes.

Digitized by Google

	A. Purpur-	B. Carmin-	C. Rosaroth.
Calcium-Chlorat	22	30	35
Schwefel	15	15	10
Kohle	2	5	10
Harz	1	2	4
Strontium-Nitrat	50	0	0
Strontium-Carbonat	0	30	0
Calcium-Carbonat	0	0	20

Grün.

	A. Dunkelgrün.	B. Hellgrünn.
Kalium-Chlorat	25	30
Schwefel	15	16
Kohle	10	8
Salpeter	15	10
Schwefelantimon	0	5
Baryum-Nitrat	30	15

Blau.

	A. Dunkelblau.	B. Himmelblau.
Kalium-Chlorat	100	70
Salpeter	20	10
Schwefel	30	20
Kohle	10	6
Kupfer-Carbonat	60	0
Alaun	30	10
Harz	10	10
Kupfer-Ammon-Nitrat	0	30

Violett.

	A. Dunkelviolett.	B. Hellviolett.
Kalium-Chlorat	40	60
Salpeter	8	10

Digitized by Google

Schwefel	8	10
Kohle	6	10
Alaun	8	10
Harz	5	8

Die bengalischen Fackeln

werden dadurch hergestellt, daß man einen Stab mit alten Bindfäden umwickelt, die in Petroleum getränkt sind, und die noch feuchten Fäden mit einem der vorangegebenen bengalischen Sätze, die aber immer Harz enthalten müssen, einstaubt. Man befeuchtet dann einen Theil des Satzes so stark mit Petroleum, daß ein Teig entsteht, in welchen der Stab eingerollt wird. — Zum Schlusse überzieht man die Fackel mit Papier, welches man mit Petroleum getränkt und mit feingepulvertem Harz eingestaubt hat. Wegen der Größe der Flamme eignen sich diese Fackeln besonders dort, wo es sich darum handelt, große Plätze in einem gegebenen Augenblicke mit farbigem Lichte zu übergießen; am Schlusse eines Feuerwerkes, bei welchem das Auge durch die mannigfaltigen Lichter geblendet wurde, üben derartige Fackeln, welche mit dunkelrothem Lichte brennen, einen sehr angenehmen Eindruck aus durch den warmen reichen Farbenton, mit welchem die verschiedenen Objecte durch sie beleuchtet werden.

Die in den vorstehenden Abschnitten beschriebenen Objecte sind theils reine Feuerwerkssätze, theils sind sie aber auch schon Feuerwerkskörper selbst. Zu den Feuerwerkssätzen sind alle Leuchtsätze, sowie alle Leuchtkugel-, Stern- und bengalischen Flammensätze zu rechnen; zu den Feuerwerksobjecten zählen wir die in Hülsen geformten Sätze oder römischen Lichter, Brillantsätze und Funkensätze, die Leuchtkugeln und

Digitized by Google

die Sterne. — Die beiden letztgenannten werden nicht für sich allein angewendet, sondern immer nur in Verbindung mit einem der schon beschriebenen Leuchtsätze oder mit einem der später zu beschreibenden Treibsätze und heißen darum auch Versetzungen. Durch entsprechende Combination von Leuchtkugeln oder Sternen, mit einfachen Leuchtsätzen oder Brillantsätzen, Aufeinanderfolge verschiedenfarbiger Sätze, Abwechseln von Leuchtsätzen mit Funkensätzen u. s. w. lassen sich verschiedene, prachtvolle pyrotechnische Wirkungen hervorbringen, von denen wir im nachfolgenden die wichtigsten beschreiben werden.

XIX.

Die Darstellung von Feuerwerkskörpern aus Leuchtsätzen.

Die wichtigsten in diese Abtheilung gehörigen Feuerwerksobjecte sind die römischen Kerzen, die Bomben- oder Leuchtkugelsätze, die Stern, Funken- und Brillantsätze, ferner die sogenannten Schwärmer, Frösche, Kanonenschläge, Funkenregen u. s. w. Durch Vereinigung einer Anzahl derartiger Objecte erhält man die combinirten Feuerwerke, wie die Cascaden, Wasserfälle, Palmen, Vulcane, Sonnen ꝛc. Bei den combinirten Feuerwerkskörpern kommt es hauptsächlich auf die richtige Anordnung der einzelnen Feuerwerkskörper an; die Sätze, welche hierzu verwendet werde sind immer solche, wie sie im vorstehenden beschrieben wurden.

Digitized by Google

I. Die römischen Kerzen.

Ueber die Anfertigung dieser Feuerwerksobjecte haben wir wenig mehr zu sagen, da wir das wesentlichste hierüber schon in dem Abschnitte angeführt haben, welcher von dem Laden der Hülsen handelt. Die Größe der römischen Kerzen hängt ganz ab von dem Zwecke, für welchen sie dienen sollen; beabsichtigt man eine lange Brenndauer derselben und zugleich einen starken Lichteffect, so muß man lange und weite Hülsen anwenden; will man eine große Flamme, so nimmt man nur schwach eingeschnürte Hülsen, da aus einer stark eingeschnürten Hülse mit enger Oeffnung das Feuer in einem langen aber schmalen Strahle herausgetrieben wird.

Die Aufstellung der römischen Kerzen erfolgt in den meisten Fällen derart, daß man sie an hohen Pfählen befestigt. Um zu verhüten, daß ein unter dem Pfahle Vorübergehender von den geschmolzenen Verbrennungsproducten des Satzes — derselbe besteht meistens aus Kalium-Sulfat — verletzt werde, ist es sehr angezeigt, einige Decimeter unter der Mündung der Hülse ein nach einwärts geneigtes Blech anzubringen; die geschmolzenen Producte tropfen auf dieses und fließen an dem Pfahle hinab, erstarren aber bald. — Bei kostspieligen Präparaten, wie z. B. die Strontium-Verbindungen sind, lohnt es sich, diese geschmolzene Schlacke zu sammeln und wieder zu verarbeiten. Kocht man z. B. die von einem mit Hilfe von Strontium-Präparaten bereiteten Rothfeuersätze resultirende Schlacke mit Wasser aus, so besteht der unlösliche Rückstand der Hauptsache nach aus Strontium-Sulfat, welches wieder zur Bereitung von Strontium-Präparaten dienen kann. Daß man in der Schlacke sehr bedeutende Mengen jener Präparate wiederfindet, welche doch durch ihr Verdampfen der Flamme die charakteristische

Digitized by Google

Färbung ertheilen sollen, hat darin seinen Grund, daß auch der bestzusammengesetzte Feuerwerksatz nie eine so hohe Verbrennungstemperatur giebt, um die Gesammtmenge der vorhandenen Körper in Dampf zu verwandeln.

Es sei hier noch bemerkt, daß die Leuchtsätze sowie überhaupt alle Feuerwerkssätze vollkommen trocken sein müssen, um regelrecht abzubrennen. Ist dies nicht der Fall, so findet selbst bei Anwendung der stärksten Hülsen ein Zerreißen der letzteren statt. Die in dem Satze enthaltene Flüssigkeit, gleichgiltig ob Wasser oder Weingeist, gelangt nämlich beim Verbrennen zur Verdampfung; die Dämpfe nehmen aber in Folge der hohen Temperatur eine so kräftige Spannung an, daß die Hülse ihrem Drucke nicht widerstehen kann und reißen muß.

Eine sehr schöne Abwechslung bieten die römischen Kerzen, wenn man sie nicht aus einfarbigem Satze bereitet, sondern verschiedenfarbige Sätze aufeinander folgen läßt. Man soll aber die Sätze nicht willkürlich aufeinander folgen lassen, sondern eine gewisse Reihenfolge einhalten, die in den Gesetzen der Optik ihre Begründung findet.

Wenn wir das Licht durch ein dreiseitiges Prisma zerlegen, so entstehen die Regenbogenfarben, welche in folgender Ordnung aufeinander folgen: Roth, Orange, Gelb, Grün, Blau, Violett. Es soll nun auch bei verschiedenfarbigen Feuerwerkssätzen diese Farbenfolge eingehalten werden. Wenn man mit Weiß beginnt, so kann eine beliebige Farbe folgen, nach welcher aber diejenige kommen soll, die sich in der prismatischen Farbenreihe anschließt. Es kann demnach auf Weiß entweder Roth oder Violett folgen; nach dem Roth soll aber Gelb, Grün u. s. w. kommen, während nach dem Violett, Blau, Grün u. s. w. (die absteigende Farbenreihe) kommen kann. Besonders schön tritt die Farbenfolge hervor, wenn

Digitized by Google

man die obersten Partien eines Farbensatzes mit einem, reines Weiß gebenden Satz mischt, auf diesen einen mit Weißfeuer gemischten Satz von der nächsten Farbe bringt und auf diesen erst den reinen Satz der nächsten Farbe stampft. Es werden hierdurch die sonst zu grell wirkenden Farben-Contraste gemildert.

II. Die Bombenröhren oder Leuchtkugelröhren.

Diese Feuerwerksobjecte, welche einen herrlichen Effect liefern, werden entweder für sich allein zu Signalen verwendet, oder man benützt sie in combinirten Objecten gewöhnlich als Mittelstücke; derartige Objecte sind z. B. die Darstellungen von Feuerfontainen, vulcanischen Ausbrüchen, Sternenregen u. s. w. Da die Bombenröhren in Wirklichkeit Geschütze sind, und in Folge dessen einen starken Druck aushalten müssen, so ist auf die Anfertigung der Hülse große Aufmerksamkeit zu verwenden und erstere besonders stark zu machen.

Die Erfahrung hat uns aber bewiesen, daß bei größeren Bombenröhren auch die stärksten Hülsen nicht selten reißen, was mit einem Mißlingen des Objectes ziemlich gleichbedeutend ist. Wir verwenden nun ein viel einfacheres und weniger kostspieliges Mittel, als das von manchen Pyrotechnikern empfohlene Umflechten der Hülse mit Draht, um sie vor dem Zerreißen zu schützen. Die Bombenröhren werden immer in aufrechter Stellung angewendet und zur Sicherung gegen das Zersprengtwerden bis zur Mündung in die Erde eingegraben. Wir graben ein aus gefalztem Blech verfertigtes Rohr — ein Stück einer gewöhnlichen Ofenröhre — in die Erde ein, dessen Länge jene der Bombenröhre um etwa 1 Dm. überragt. In die Mitte dieses Eisencylinders wird die Bombenröhre genau vertical eingesetzt und der zwischen ihr

Digitized by Google

und dem Eisenrohre frei bleibende Raum wird mit festgestampftem trockenen Wellensand ausgefüllt.

Bombenröhren, welche auf diese Weise aufgestellt werden, sind ganz gefahrlos, platzen fast nie und brennen, selbst wenn die Hülse aufgerissen wird, gut bis zum Ende. Im Falle vor dem Abbrennen der Bombenröhre Regenwetter eintreten sollte, braucht man nur die Stoppine, welche die Entzündung bewirken soll, in dem oberen freien Raum des Eisencylinders spiralförmig zusammen zu legen, und das Rohr mit einem kegelförmigen Eisenhute zu bedecken, um das Object völlig unbeschädigt zu erhalten. Um auch das Feuchtwerden der Bombenröhre von unten zu verhüten, stampfen wir vor dem Einsetzen derselben den Cylinder 2 bis 3 Cm. hoch mit trockenem Lehm aus.

Die Bombenröhren werden aus ganz cylindrischen, nicht eingeschnürten Hülsen verfertigt. Man beginnt das Laden damit, daß man zu unterst 1—2 Cm. hoch trockenen Lehm einstampft, dem eine Lage eines beliebigen Leuchtsatzes folgt, wenn das Object auch in dieser Richtung wirksam sein soll; ist dies nicht der Fall, so nimmt man die Gesammtladung mit einem gewöhnlichen Feuersatze vor, den man aus Pulvermehl bereitet, dem 40—50 Percent Kohle (zur Verlangsamung des Brennens) beigemischt wurden. — Dieser Satz wird sehr fest eingestampft und demselben eine Höhe gegeben, welche dem Hülsendurchmesser gleichkommt.

Auf diese Schichte stampft man eine etwa 1 Cm. hohe Schichte von feinkörnigem Pulver (Jagdpulver), welche als Sprengladung für die unmittelbar auf dieselbe gesetzte Leuchtkugel dient. Nach dem Einsetzen der Leuchtkugel gießt man etwas trockenes Pulvermehl in die Hülse, um die Höhlung der Leuchtkugel auszufüllen, stampft auf diese wieder eine Schichte von dem allgemeinen Füllungssatze,

Digitized by Google

eine Kornpulverlage, der wieder eine Leuchtkugel folgt und fährt damit fort, bis die ganze Hülse ziemlich geladen ist. Zu oberst setzt man eine Stoppine oder ein Zündpapier ein, das man mit Mehlpulver umgiebt.

Der Effect der Bombenröhren ist folgender: Der Satz brennt durch die Höhlung der Leuchtkugel bis zu der Schichte von Kornpulver, diese explodirt, und schleudert die Leuchtkugel, welche gleichzeitig entzündet wird, in die Luft, wo sie mit der ihr charakteristischen Färbung verbrennt; nach Verlauf der Zeit, welche zum Abbrennen der folgenden Satzschichte nothwendig ist, wird neuerdings eine Leuchtkugel aus der Röhre fliegen und so fort. Die Höhe, bis zu welcher die Leuchtkugeln steigen, hängt von der Stärke der unter ihr liegenden Pulverlage ab.

Wenn man eine große Bombenröhre vertical aufstellt, und eine Anzahl anderer kleinerer so im Kreise um sie herum aufstellt, daß sie schwach nach außen geneigt sind, so erhält man beim Abbrennen derselben einen sehr schönen Effect, indem in der Mitte Leuchtkugeln gerade aufsteigen, während ringsum Leuchtkugeln im Bogen emporfliegen. — Die Wirkung wird noch sehr gesteigert, wenn man die äußerste Röhrenreihe mit Funken- oder Brillantsätzen ladet. Die Wirkung ist am überraschendsten, wenn alle Röhren gleichzeitig zu spielen beginnen, was man dadurch erreicht, daß man die Zündungen aller Röhren durch eine sehr rasch abbrennende Leitzündung mit einander verbindet und diese bis zu dem Orte fortführt, von welchem aus das Object in Brand gesetzt werden soll.

III. Die Sternsätze.

Diese Sätze werden auf ähnliche Weise wie die Bomben- oder Leuchtkugelsätze hergestellt; man stampft entweder

einen einfachen Leuchtsatz oder einen Brillantsatz in eine Hülse und zwar nur so hoch, daß die Höhe der Schicht 1—2 Cm. beträgt; will man einen reichen Sternenregen so macht man die Schichte nieder; auf diese Schichte bringt man eine Anzahl von Sternen, schüttet auf sie etwas trockenes Mehlpulver, giebt eine Lage des Leuchtsatzes, giebt auf diesen Sterne und füllt so allmälig die ganze Hülse. — Beim Abbrennen werden die Sterne in mäßige Höhe geworfen und verbrennen in der Luft.

Will man die Sterne höher fliegen machen, oder verwendet man größere Sterne, so ist es sehr angezeigt, diesen eine Unterlage von ein klein wenig Kornpulver zn geben, welches durch seine Explosion die Sterne hoch emporschleudert.

Damit bei einer Anzahl von Hülsen, welche gleich groß sind und zu einem combinirten Objecte vereinigt werden sollen, das Auswerfen der Sterne gleichzeitig und bis auf gleiche Höhe erfolge, empfiehlt es sich, beim Laden solcher Hülsen immer die gleiche Masse an Satz und Pulver anzuwenden und auch das Stampfen des Satzes möglichst gleichmäßig vorzunehmen.

Sternsätze um Leuchtkugelröhren gruppirt, geben einen sehr schönen Effect, indem die kleinen, aber farbenprächtigen Sterne gleichsam als Begleiter der großen hochaufsteigenden Leuchtkugeln erscheinen. Man kann für Sternsätze sowohl ganz cylindrische, als auch schwach verengte Hülsen anwenden; bei letzteren muß man aber darauf achten, daß die Verengerung der Hülse keine plötzliche sei, sondern allmälig in die Cylinderform übergehe, indem sonst die Sterne nicht regelrecht emporgeschleudert werden.

IV. Die Funkensätze.

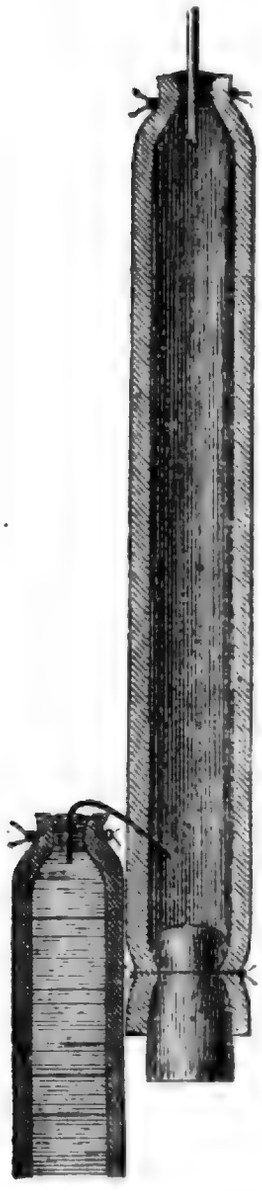
Die Funkensätze werden im allgemeinen genau so geladen, wie dies bei Leuchtsätzen geschieht; um recht kräftiges Funkenwerfen zu erzielen, kann man zwei Wege einschlagen: man nimmt entweder einen sehr rasch abbrennenden Satz, oder man schnürt die Hülse stark ein. Beide Verfahrungsarten haben aber auch ihre Nachtheile; bei einem rasch brennenden Satze dauert die ganze zwar sehr glänzend ausfallende Wirkung nur sehr kurze Zeit; bei stark verengten Hülsen ist zwar der Funkenauswurf ein sehr kräftiger, allein wegen der engen Oeffnung, durch welche die Feuergase ausströmen können, findet im Innern der Hülse ein sehr hoher Druck statt durch welchen die Hülse, sofern sie nicht sehr stark gearbeitet ist, zersprengt werden kann. Besonders kommt es vor, daß der Verschluß der Hülse rückwärts durchgerissen wird, auch wenn man die gefüllte Hülse verengert und zugebunden hat.

Da es jedenfalls besser ist, einen nicht zu raschen Satz anzuwenden, aber die Hülsenöffnung eng zu machen, so verfahren wir auf folgende Weise. Es wird eine Hülse, welche an einer Seite stark, an der andern aber nur wenig verengt ist, so in den Ladeapparat eingesetzt, daß die stärkere Verengerung, die vorläufig mit einem Papierpfropf geschlossen wird, nach unten zu stehen kommt. Der Satz wird nun auf gewöhnliche Weise geschlagen und zwar so hoch, daß er etwa 2 Cm. unter der oberen Verengung der Hülse steht. In die Verengung wird sodann ein in flüssigem Leim getauchter Kork eingedreht, die Hülse und der Kork der Quere nach, mittelst eines Pfriemens durchstochen und durch die Oeffnung ein Draht gezogen, welchen man rings um die Verengung zusammendreht. Sodann wird der Papierpfropf

Digitized by Google

aus der anderen Oeffnung gezogen und in diese mittelst dicker Anfeuerung eine Stoppine oder Zündpapier eingesetzt (Fig. 8).

Fig. 8.



Eine derart zubereitete Funkenfeuer-Hülse hält, sofern sie nur aus einfacher Papierlage und sonst sorgfältig zubereitet ist, selbst bei sehr enger Auswurföffnung einen starken Druck aus, ohne zu reißen und schleudert die Funken weit. Es ist jedoch von Uebel, eine Funkenhülse, die eine sehr enge Oeffnung hat, lang machen zu wollen; denn es kann der Fall eintreten, daß die Verbrennungsproducte nicht vollständig aus der Hülse ausgeworfen werden; sie verlegen dann die Mündung derselben, hindern das Ausströmen der Gase und reißen selbst sehr starke Hülsen entzwei.

Wenn es sich darum handelt, einen lange ausdauernden Funkenregen hervorzubringen, so kann man den angedeuteten Uebelstand durch folgenden Kunstgriff beseitigen. Man nimmt mehrere Hülsen von geringerer Länge, die man neben einander so aufstellt, daß die zweite bis zum unteren Viertel der ersten reicht, die dritte bis zum unteren Viertel der zweiten und sofort. Man sticht nun in der ersten Hülse auf der Stelle, wo der Satz endet, mit einem Pfriem ein Loch, setzt ein Stück einer rasch brennenden Zündschnur ein, welche mit Papier angeleimt wird, und läßt sie oben in die zweite Hülse münden, welche mit der dritten auf dieselbe Weise verbunden ist. Damit die Zündschnüre nicht vorzeitig durch herabfallende Funken Feuer fangen, müssen sie in Papier eingeklebt sein.

Digitized by Google

Für sich allein thut eine Funkenhülse nur eine geringe Wirkung, die herrlichsten Effecte können aber erzielt werden, wenn man eine Anzahl derselben auf entsprechende Art mit einander verbindet. Stellt man z. B. eine Anzahl von Funkenhülsen im Kreise derart auf, daß sie nach außen schwach geneigt sind, und stellt in die Mitte eine Leuchtkugel- oder Bombenröhre, so erhält man aus letzterer einen aufsteigenden Feuerstrahl, den ein nach außen fallender Funkenregen umgiebt: ein Springbrunnen aus Feuer. Stellt man um diese combinirten Objecte andere Funkenröhren in einem Kreise, dessen Durchmesser gerade so groß ist, daß sich die Funkengarben der inneren und äußeren Feuerreihe treffen, so erhält man einen feurigen Korb oder Sturz, aus dessen Mitte die Leuchtkugeln aufsteigen und kann durch entsprechende Anordnung der Funkenhülsen, die Effecte noch mannigfach abändern. Stellt man einen Kreis von Funkenhülsen so auf, daß die Hülsen fast horizontal, aber etwas nach außen geneigt liegen, so erhält man eine Wirkung, welche einem feurigen Wasserfalle gleicht.

Nur in jenen Fällen, in welchen die Beschauer rings um das Feuerwerksobject herum stehen, ist es nothwendig, einen ganzen Kreis aus Funkenhülsen zu machen; stehen die Zuschauer nur auf einer Seite, so wäre das Anbringen eines vollen Kreises zwecklos, da die Beschauer nur den Lichteindruck von den ihnen zugewendeten Objecten deutlich wahrnehmen können; man nimmt in diesem Falle immer nur einen Halbkreis.

Damit derartige Objecte zur vollen Geltung kommen, ist es nothwendig, dieselben alle auf einmal zur Entzündung zu bringen. Dies geschieht dadurch, daß man alle Stoppinen durch eine sehr rasch abbrennende Zündschnur verbindet, und bei einer großen Anzahl von Hülsen zwei Zündschnur-

Digitized by Google

Leitungen anbringt, welche rückwärts zusammen laufen, sich in der Mitte der Objecte vereinen und zur Entzündungsstelle zurückgehen, so daß also die Entzündung an vier Stellen zugleich erfolgt.

Hat man sehr große Objecte zu entflammen, welche eine sehr bedeutende Anzahl von Hülsen enthalten, so muß man noch die Anzahl der Entzündungsstellen vermehren; in diesem Falle wählen wir besonders gern Entzündungsschnüre aus Schießbaumwolle, indem diese fast nie versagen und das Feuer mit einer Schnelligkeit fortpflanzen, welche die aller anderen Zündschnüre weit übertrifft. Die Zündleitung (die Zündschnur, welche zu der Stelle geht, von welcher aus die Entzündung erfolgt) soll immer so angebracht werden, daß die Zuschauer das Feuer derselben nicht zu Gesichte bekommen und der Feuerwerks-Effect auch durch die Ueberraschung beim plötzlichen Entflammen einer so großen Zahl von Objecten noch erhöht wird.

V. Die Brillantsätze.

Die Brillantsätze unterscheiden sich in ihrer Anwendung nur wenig von den Funkensätzen und können wir uns über dieselben kurz fassen, indem wir uns auf das über die Funkensätze Gesagte beziehen können. Die Brillantsätze geben in Verbindung mit Leuchtkugeln einen sehr schönen Effect; man muß selbstverständlich immer Leuchtkugeln von einer Farbe wählen, welche mit jener, die von dem Brillantfeuer ausgestrahlt wird, verschieden ist; besonders gilt dies von den stark gefärbten Sätzen. In einem Brillantfeuer, welches weißes Licht ausstrahlt, können Leuchtkugeln von beliebiger Farbe angewendet werden, da das rein weiße Licht keine Farbe beeinflußt.

Sehr schöne Licht- und Farbenwirkungen lassen sich erzielen, wenn man Leuchtfeuer im allgemeinen (das sind

Digitized by Google

die ruhig brennenden Flammen) mit Funken-, Stern- und Brillantsätzen combinirt, wodurch eine sehr angenehme Abwechslung entsteht; man soll es sich aber in diesem Falle Regel sein lassen, auf einmal höchstens zwei verschiedene Arten von Feuerwerkskörpern zu entflammen; brennt man mehrere derselben auf einmal ab, so ist zwar der Gesammteffect ein gewaltiger, ohne daß ein Detail-Eindruck in dem Beschauer entstehen könne; Stücke, deren Anfertigung große Mühe gemacht hat, gehen in dem allgemeinen Durcheinander von Flammen, Feuergarben und Funken völlig verloren.

Die im vorstehenden beschriebenen Sätze und Ladungen sind die vorzüglichsten unter den Leuchtsätzen und dienen hauptsächlich zur Hervorbringung schöner und etwas längere Zeit andauernder Lichteffecte. Es giebt aber auch eine Anzahl von Feuerwerkskörpern eigenthümlicher Art, welche sich durch eine besondere Art in Bezug auf die Anfertigung von den Leuchtsätzen etwas unterscheiden. Es sind dies jene Objecte, welche wir als Schwärmer, Drehschwärmer, Kanonenschläge, Frösche u. s. w. bezeichnen, und deren wichtigste wir nachstehend beschreiben wollen.

Sie haben für den Pyrotechniker große Bedeutung, indem ein nicht geringer Theil der kleineren Feuerwerkskörper, welche bei Familienfesten verwendet werden, aus diesen Objecten besteht und diese Feuerwerkskörper auch bei einer größeren pyrotechnischen Vorstellung eine wichtige Rolle bei der Hervorbringung von flammenden Namenszügen, Architekturen u. s. w. leisten.

VI. Die Schwärmer.

Die sogenannten Schwärmer sind eigentlich nichts anderes als kleine Hülsen, welche mit einem Leuchtsatze geladen wurden; man kann hier nach Belieben verschiedene

Digitized by Google

Sätze, einfaches Pulver ebenso gut wie Brillantsätze oder Sternsätze anwenden. Es ist selbstverständlich, daß derartige kleine Objecte wahrhaft fabriksmäßig hergestellt werden müssen, damit die Arbeitskosten nicht zu hohe werden. Am einfachsten und schnellsten gelangt man noch auf folgende Weise zum Ziele: Man wählt immer eine stärkere Hülsensorte für Schwärmer; es hat dies seinen Grund darin, weil manche Personen, welche Feuerwerk zu ihrem Vergnügen abbrennen, nicht selten den Schwärmer in der Hand halten wollen, bis er ausgebrannt ist und bei zu schwachen Hülsen möglicher Weise eine Zerreißung derselben eintreten könnte. Wir können Schwärmer von jeder beliebigen Größe verfertigen und nehmen als kleinste Sorte Hülsen mit 1 Cm. innerem Durchmesser bei einer Länge von 10 Cm.

Um einen Schwärmer möglichst lang brennend zu erhalten, muß man demselben einen ziemlich trägen Satz geben, und sind in dieser Beziehung dem Pyrotechniker sehr weite Grenzen gestellt, wie wir sogleich sehen werden. Der eigentliche Satz für Schwärmer besteht nach fast allen Vorschriften aus Schießpulver, welches noch dazu in fein gepulvertem Zustande angewendet wird. Wollte man dieses Präparat für sich allein benützen, so wäre der Effect des Schwärmers nur ein momentaner: das Pulver würde explodiren, dabei selbstverständlich selbst sehr starke Hülsen mit heftigem Knalle zerreißen und die ganze Lichtwirkung würde sich auf einen Blitz beschränken. Der eigentliche Zweck der Schwärmer ist aber der, durch Feuerstrahlen, welche mit großer Heftigkeit aus der Hülse hervordringen, zu ergötzen und eine längere dauernde Wirkung zu üben.

Das längere oder kürzere Brennen eines Schießpulversatzes (das ist eines solchen, welcher aus Salpeter, Schwefel und Kohle besteht) hängt aber lediglich von dem Gehalte

Digitized by Google

an Kohle ab, durch welche die Brenndauer immer verlangsamt wird, wie wir schon bei der Besprechung des Schießpulvers selbst hervorgehoben hatten. — Wenn man die unzähligen Recepte, welche über den Satz der Schwärmer angegeben werden, mit einander vergleicht, so findet man, daß sie trotz ihrer scheinbaren Verschiedenheit große Aehnlichkeit unter einander haben, und es nur eigentlich die Vermehrung oder Verminderung der Kohle ist, welche ein explosionsartiges oder ein ruhiges Verbrennen hervorruft.

Wir haben daher diese verschiedenen Recepte gänzlich bei Seite gesetzt, und haben uns selbst einen Normalsatz angefertigt, welcher folgende Zusammensetzung hat:

Normalsatz für Schwärmer.

A. Rascher Satz.

Salpeter	75
Schwefel	15
Kohle	10

Wie man sieht, unterscheidet sich dieser Satz von den gewöhnlichen Pulversorten hauptsächlich durch einen etwas größeren Gehalt an Schwefel — die gewöhnlichen Pulvergattungen enthalten selten mehr als 10 Theile Schwefel auf 70—76 Theile Salpeter — und einem geringeren Gehalte an Kohle. — Wir nennen diesen Satz den raschen Schwärmersatz, da er fast mit noch größerer Lebhaftigkeit verbrennt, als das gewöhnliche Pulver.

In dieser Form ist der Satz nur brauchbar, wenn er als Beigabe zu dem langsamen Schwärmersatze bei gewissen Effecten gegeben wird, z. B. um Sterne, Körner und dergleichen kleine Objecte, die man auch in die Schwärmer füllt, zu entzünden, wozu er sich bei der hohen Temperatur, die er selbst beim Brennen entwickelt, recht gut eignet.

Digitized by Google

B. Langsamer Satz.

Salpeter	62,5
Schwefel	12,5
Kohle	25,0

Dieser Satz verbrennt in Folge seines reducirten Salpetergehaltes und erhöhten Kohlengehaltes wegen, mit einer ziemlich langsamen röthlichen Flamme, und können die damit gefüllten Hülsen recht gut mit Sternchen und Körnern versetzt werden. Um letztere recht effectvoll heraus zu treiben, giebt man unter die Sternchen u. s. w. eine kleine Messerspitze voll des raschen Satzes.

Das Laden der Schwärmer.

Das Laden der kleinen Schwärmer von einer Länge von 10—15 Cm. geschieht in freier Hand und geht sehr rasch von statten, wenn man auf die Weise arbeitet, daß einer der Gehilfen die an einem Ende vollständig geschlossenen (zugewürgten) und gebundenen Hülsen mittelst eines entsprechenden Maßes bis zur Hälfte mit dem Satze füllt, einem zweiten übergiebt, der den Satz durch einen eingesetzten Cylinder, auf welchem einige Schläge geführt werden, dichtet — die Hülse wird hiebei blos in einen Holzklotz gesteckt, der eine cylindrische Bohrung hat, und die Hülse sodann bei Seite stellt. — Sind alle Hülsen auf diese Weise gefüllt, so gießt man sie mit dem Satze ganz voll, drückt denselben nochmals fest zusammen, derart, daß etwa $1\frac{1}{2}$ Cm. freier Raum bleibt, verengt die Hülsen nahezu ganz, macht mit einem stumpfen Holzcylinder eine Vertiefung in den Satz, führt eine Stoppine durch die Oeffnung und

Digitized by Google

verschließt endlich die Hülse ganz mit dicker Anfeuerung, die man um den hervorstehenden Zündfaden streicht.

Wenn es sich darum handelt, die Schwärmer mit kleinen Versetzstücken, Sternen oder Körnern zu versehen, so muß das Laden der Hülsen in mehreren Abtheilungen vorgenommen werden, z. B. mit einem viermaligen Schlagen, wobei drei Lagen von Versetzungen in die Hülse kommen. — Bei ganz einfachen Schwärmern, welche nur den Satz, aber keine Versetzungen enthalten, kann man die obere Oeffnung recht eng machen, und erhält dann einen langen, schönen Feuerstrahl; bei solchen, welche Versetzungen enthalten, muß die Oeffnung etwas weiter sein, um den Ausstoß der Sterne oder Körner zu gestatten.

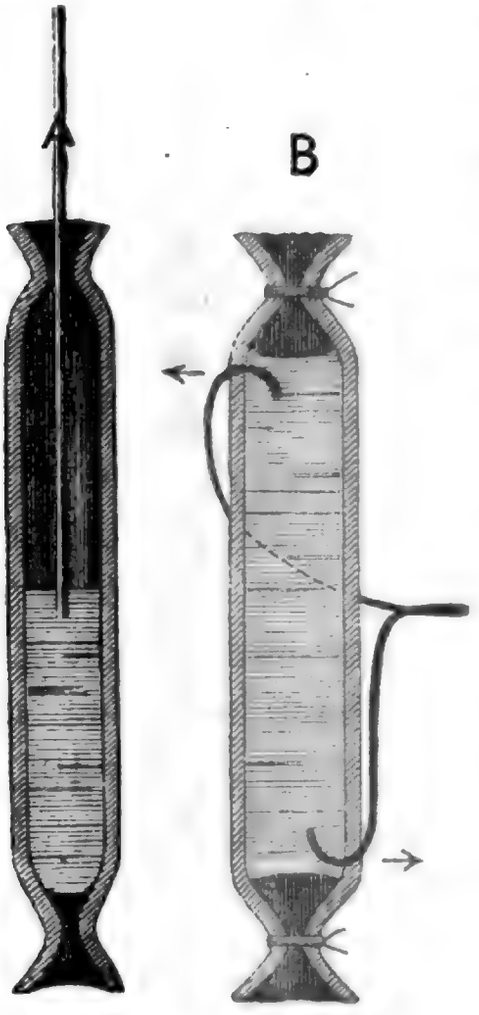
Feuerwerks-Cigarren.

Ganz kleine Schwärmersätze werden auch zu den sogenannten Feuerwerks-Cigarren verwendet. Dieselben bestehen aus einer Hülse von etwa Bleistiftsdicke (fünf Millimeter) und einer Länge von fünf Centimeter, welche mit dem langsam brennenden Satze enthält, dem man auch einige Körner oder Sternchen beigeben kann. Diese Hülse, welche hinten fest zusammengedreht, vorne aber offen ist, wird in mehrere Tabaksblätter gewickelt, so daß sie die Form einer Cigarre erhält. Beim Wickeln der Cigarre legt man neben die Hülse einen dicken Draht, so daß die Cigarre Zug hat. Die Tabaksblätter sollen etwa $1^1/_2$ Cm. über die Hülse vorstehen und wird dieser Raum mit Tabak so ausgefüllt, daß sich die Cigarre von außen nicht von einer gewöhnlichen unterscheiden läßt. Beim Anzünden der Cigarre brennen die Tabaksblätter bald bis zum Schwärmersatze ab, dieser entzündet sich und giebt nun ein kleines Feuerwerk. —

Digitized by Google

Um den unangenehmen Pulvergeruch im Zimmer nicht läſtig werden zu laſſen, giebt man dem zu dieſen Scherz-Cigarren verwendeten Satze anſtatt zweier oder dreier Theile Kohle einen Zuſatz von feingepulvertem Benzoëharz.

Fig. 9. Fig. 10.



Man ſtellt die Schwärmer auch oft auf die Weiſe dar, daß man die Hülſe nur bis zur Hälfte mit dem Satze ausſchlägt und den noch freien Raum derſelben mit ganz trockenem Wellſand, mit Kleie, Sägeſpänen u. ſ. w. ausfüllt. Die Stoppine oder das Zündpapier muß dann ſelbſtverſtändlich bis zu dem Pulverſatze reichen.

Figur 9 A ſtellt einen ſolchen Schwärmer im Durchſchnitte dar.

VII. Die chineſiſchen Feuer.

Dieſe Feuerwerksſätze haben ihren Namen wahrſcheinlich darum erhalten, weil die Chineſen thatſächlich ungemein gerne mit kleinen Feuerwerkskörpern ſpielen und bei ihren religiöſen und häuslichen Feſten große Mengen davon verbrennen. Nach unſeren Begriffen können wir die chineſiſchen Feuer mit den Schwärmern in eine Reihe ſtellen; der Unterſchied liegt blos darin, daß die Hülſen verſchiedene Funken und Brillantſätze, wohl auch kleine Sterne, erbſengroße Leuchtkugeln u. ſ. w., enthalten.

Wir bereiten die chinesischen Feuer auf die Weise, daß wir die Hülse mit einem Satze laden, welcher auf folgende Weise combinirt ist.

Rascher Schwärmersatz (A) . . . 60
Langsamer Schwärmersatz (B) . 30
Metallpulver . . . . . 10 bis 20.

Die Metallpulver müssen fein sein und wird für weiß Antimonmetall, für bläulich-weiß Zink, für grünlich-weiß Messing, für grün Kupfer verwendet. Für Gluthroth benützen wir Eisenfeile oder stecknadelkopfgroße Kohlenstückchen und stellen aus letzteren auch Purpurroth und Blau auf die Weise her, daß wir für ersteres die Kohle in einer Auflösung von Strontium-Nitrat, für letzteres in einer Lösung von Kupfer-Ammon-Nitrat liegen lassen und dann trocknen.

Nach dem Gesagten ist die Aehnlichkeit, welche zwischen den Funken-, Stern- und Brillantsätzen und den Schwärmern besteht, nicht mehr zu verkennen; der Unterschied liegt eigentlich nur in der verschiedenen Größe.

VIII. Die Drehschwärmer.

Diese Objecte, welche auch Kreiselschwärmer genannt werden, zeichnen sich dadurch aus, daß sie angezündet und in die Luft geworfen sich mit großer Geschwindigkeit um sich selbst drehen und hierdurch den Eindruck zweier feuriger Kreise hervorrufen, welche sich im gleichen Sinne umwälzen.

Die Anfertigung dieser sehr hübsch wirkenden Objecte geschieht auf folgende Weise (vergleiche Figur 10 B auf Seite 179). Man nimmt eine Hülse von den Dimensionen, wie sie für gewöhnliche Schwärmer angegeben wurden, bindet sie am unteren Ende mit Draht zu und schlägt vorerst eine kleine Thonlage ein, welche so hoch sein soll, daß

Digitized by Google

sie bis zum cylindrischen Theile der Hülse reicht, und füllt die ganze Hülse sodann mit dem rasch brennenden Satze, auf den wieder ein Thonpfropf kommt. Die Hülse wird nun auch oben verengt und mit Draht fest zugebunden.

Mittelst eines dicken Pfriemens bohrt man nun unten unmittelbar über der Thonschicht ein Loch in die Hülse und in das Pulver. In die Oeffnung wird mittelst dicker Anfeuerung eine Stoppine eingesetzt. Am entgegengesetzten Ende des Schwärmers wird ebenfalls ein Loch gebohrt und mit einer Stoppine versehen. Man muß aber darauf achten, daß diese beiden Löcher einander genau gegenüber stehen, daß sie gerade in einem Durchmesser der Hülse liegen. Die beiden Stoppinen werden sodann auf die aus der Zeichnung ersichtlichen Weise mit einander verbunden.

Setzt man die Stoppinen in Brand und wirft den Schwärmer in die Luft, so dreht er sich mit außerordentlich großer Geschwindigkeit um sich selbst und zwar liegt der Drehungsmittelpunkt nahezu in der Mitte des Schwärmers selbst. Die Ursache dieser Erscheinung ist die sogenannte Reactionswirkung. Die aus der Hülse ausströmenden Gase (ihre Richtung ist in der Zeichnung durch Pfeile angedeutet) üben einen starken Druck aus, der nur dort aufgehoben wird, wo eben die Ausströmungsöffnungen sind; an den diesen entgegengesetzten Stellen bleibt aber der Druck wirksam und bringt den Schwärmer zur Umdrehung.

Diese Art der Bewegung durch Rückwirkung oder Reaction ist für die Feuerwerkerei von großer Wichtigkeit, indem eigentlich alle Bewegungen, welche wir an Feuerwerkskörpern sehen — das Drehen der Sonnen, das Emporsteigen der Raketen u. s. w. — durch reagirende Bewegung bedingt sind.

Digitized by Google

IX. Die Frösche.

Diese eigenthümlichen Feuerwerkskörper sind nicht dazu bestimmt, einen Lichteffect hervorzubringen, sondern sollen nur in kurz aufeinander folgenden Zeiträumen eine heftige Detonation, die einem Flintenschusse gleichkommt, hervorbringen. Man stellt Frösche auf die Weise her, daß man eine dünne, somit weiche Hülse, locker mit Pulver füllt und die ganze Hülse durch Drücken mit einem kantigen Körper in Stücke von etwa 3 Cm. Länge zusammenpreßt und das vorderste Stück auf gewöhnliche Weise mit einer Stoppine versieht. Man muß besonders darauf Acht haben, daß an den zusammengepreßten Stellen die Hülsenflächen einander berühren und nur etwas zerquetschtes Mehlpulver zwischen ihnen liegt. Beim Anzünden explodirt die erstere Abtheilung, einen Moment später die zweite und sofort; man hört so viele Detonationen, als der Frosch Abtheilungen enthält. Es entsteht auf diese Weise eine Schallwirkung, welche die größte Aehnlichkeit mit dem Geknatter von Kleingewehrfeuer besitzt. Will man eine größere Anzahl von Fröschen mit einander verbinden, so vereinigt man die letzte Abtheilung eines Frosches mit der ersten eines nächstfolgenden u. s. w. Hat man mit dem Raum zu sparen, so kann man auch die Frösche an den vier Seiten einer quadratischen Latte anbringen und auf entsprechende Weise anfeuern.

X. Die Schläge.

So wie die Frösche haben diese Feuerwerkskörper den alleinigen Zweck, starken Knall hervorzubringen, und dienen entweder zu Salven bei Lustbarkeiten, oder beim Abbrennen größerer Feuerwerke zum Abschluß oder zur Einleitung

Digitized by Google

einer Production. Die Schläge werden auf sehr einfache Weise verfertigt und kann durch richtige Behandlung der Materialien bei der Fabrikation ein Schlag erzielt werden, welcher den gleichen Effect leistet wie ein anderer, aber nur halb so viel kostet, wie dieser.

Die Schläge sind Hülsen, welche an beiden Enden fest abgeschnürt und mit gewöhnlichem Schießpulver gefüllt werden; beim Abbrennen der Stoppine explodirt das Pulver und zerreißt die Hülse mit einem starken Knalle. Es ist nun eine bekannte Sache, daß stark geschlagenes, gedichtetes Pulver einen stärkeren Effect sowohl in Bezug als Wurfkraft, als auf den Knall hervorbringt. In der Kriegsfeuerwerkerei sucht man durch alle möglichen Mittel das Pulver zu comprimiren und dadurch einen höheren Effect zu erzielen.

Genau nach demselben Principe lassen sich Schläge herstellen, und befolgen wir hierbei folgende Methode. — Pulvermehl, welches auf das feinste gepulvert wurde, wird mit gerade so viel starkem Weingeist angefeuchtet, daß die Masse bei starkem Drücken zwischen den Fingern zusammenhält; man braucht nur sehr wenig Weingeist hierzu und sucht die Masse dadurch möglichst homogen zu machen, daß man das Pulvermehl, welches in einer dünnen Schichte ausgebreitet sein muß, mit dem Weingeist besprengt und die Masse durch Abkneten möglichst gleichartig zu machen sucht. Die feuchte Masse wird in einem glatten Flintenlauf oder in einem kupfernen Rohre von etwa 15 Mm. Weite und 50 bis 60 Cm. Länge sehr fest geschlagen und der Pulver-Cylinder sodann aus dem Rohre geschoben. Der Cylinder wird mittelst eines scharfen, hölzernen oder beinernen Messers, Eisen ist wegen der Möglichkeit der Explosion

zu meiden, in Stücke von etwa 4 bis 5 Cm. Länge geschnitten und vollständig ausgetrocknet.

Diese cylindrischen Stücke bringt man in sehr dickwandige Hülsen von entsprechendem Durchmesser, welche unten und oben durch Korke, die mittelst Draht eingebunden sind, verschlossen werden. Der eine Kork ist durchbohrt und durch denselben ein Schießwollfaden gezogen, der an dem Ende, welches dem Pulver zugewendet ist, einige Centimeter herausragt; der Kork wird so tief eingedrückt, daß der Faden fest an dem Pulver anliegt.

Ein auf diese Art bereiteter kleiner Schlag verursacht eine Detonation, welche jener einer scharf geladenen Kugelbüchse mindestens gleichkommt; die Menge des verwendeten Pulvers ist dem Gewichte nach kaum die Hälfte von jener, die man zur Anfertigung eines einfach mit gekörntem Pulver geladenen Schlages braucht.

Kanonenschläge.

Die Kanonenschläge sind nichts anderes als Schläge, die in größerem Maßstabe angefertigt sind. Wir verwenden zu deren Anfertigung, die übrigens genau so erfolgt wie die eines einfachen Schlages, Hülsen, welche etwa 5 Dm. inneren Durchmesser haben und geben dem Pulver-Cylinder eine Länge von 6 bis 8 Cm. Um die Widerstandsfähigkeit der Hülse und damit die Explosion zu verstärken, wird die fertige Schlagpatrone noch mit dünnem, spiralig gewickeltem Eisendraht soweit umwickelt, und nur die vordere Wölbung der Hülse, das ist jene, an welcher die Stoppine sitzt, freigelassen. Bei der Explosion wird die Hülse an dieser Stelle aufgerissen.

Wir erachten es für nothwendig, darauf hinzuweisen, daß sich die Schläge von den hinlänglich geschilderten

Feuerwerkskörpern wesentlich unterscheiden; während die gewöhnlichen Flammen-, Funken-, Brillantfeuer u. s. w. verhältnißmäßig langsam verbrennen und ihren Inhalt aus der Hülse auswerfen, ohne diese zu sprengen, verhalten sich die Schläge ganz anders und gehören in die Kategorie der Explosions- oder Spreng-Objecte, welche die Hülse, in die sie geladen waren, mit um so größerer Kraft zersprengen, je fester die Hülse gearbeitet war. Um daher Unglücksfällen vorzubeugen, muß die Schlagpatrone an irgend einem feststehenden Gegenstand mittelst Draht befestigt werden, z. B. an einem in die Erde gegrabenen Pfahl, und soll eine Stoppine von mindestens 10 Meter Länge haben; Schießwollfäden eignen sich hierzu sehr gut.

Hat man Kanonenschläge oft anzuwenden, so kann man dieselben auf gefahrlose Art dadurch herstellen, daß man Röhren aus starkem Eisenblech nimmt, dieselben in Holzklötze stellt, welche entsprechend ausgebohrt sind und in die Blechröhre einen aus Pulver gefertigten Schlagcylinder stellt, der mittelst einer Stoppine angefeuert ist.

Die vorstehend geschilderten Sätze und Feuerwerksobjecte sind die wichtigsten unter den Leuchtfeuern; mit ihrer Hilfe lassen sich eine große Menge von combinirten Objecten anfertigen, über welche wir schon einige Andeutungen gegeben haben, die wir aber noch später in einem besonderen Abschnitte ausführlicher besprechen werden, da man durch gewisse Abänderungen in der Form der Hülsen, der Art ihrer Entzündung und der Anordnung der Objecte Wirkungen hervorbringen kann, welche ganz ausgezeichnete genannt werden müssen.

XX.

Von den Treibsätzen.

Die Treibsätze unterscheiden sich der Hauptsache nach dadurch von den Flammensätzen, daß sie nicht blos einen Lichteffect hervorbringen sollen, sondern auch den Zweck haben, bei ihrer Verbrennung in einem Momente eine so bedeutende Kraft zu entwickeln, daß sie die Hülse, in welche sie eingeschlossen sind, emporheben und ihr eine Geschwindigkeit ertheilen, welche der eines Geschosses ziemlich nahe kommt. Wir erwähnen hier nur, daß z. B. die sogenannten Raketen, welche die wichtigsten unter den mit Treibsätzen geladenen Feuerwerkskörpern sind, eine Anfangsgeschwindigkeit von 60 bis 70 Metern haben, das heißt, daß sie in der ersten Secunde nach ihrer Entzündung 60 bis 70 Meter hoch emporsteigen.

Die Treibsätze müssen daher so zusammengesetzt werden, daß sie in möglichst kurzer Zeit vollständig verbrennen und dabei eine sehr bedeutende Menge von Gas entwickeln. Nebst dieser Beschaffenheit des Satzes ist auch die Art der Ladung eine sehr wichtige; der Satz muß auf einen sehr kleinen Raum zusammengepreßt, gedichtet werden, und muß gleichzeitig eine solche Form erhalten, daß die Gase in einer ganz bestimmten Richtung aus der Hülse entweichen.

Für solche Zwecke, in welchen es sich darum handelt, die Treibsatzhülsen (Raketen) einfach als Feuerzeichen zu verwenden, oder dieselben als Geschosse zu benützen, wie

bei den Strandraketen, die zum Fortschießen von Tauen bestimmt sind, wendet man einen einfachen Satz an, der blos aus Salpeter, Schwefel und Kohle gemischt wird und nichts anderes ist, als ein für den bestimmten Zweck entsprechend abgeändertes Schießpulver. — Die nachfolgenden Vorschriften geben die Mengen der drei Bestandtheile an, welche zur Herstellung ausgezeichneter Treibsätze zu verwenden sind.

Vorschriften zur Anfertigung einfacher Treibsätze.

A.	Pulvermehl von Jagdpulver . .	53
	Salpeter	53
	Schwefel	12
	Kohle aus hartem Holz . . .	23
B.	Salpeter	23,0
	Schwefel	48,0
	Kohle sehr gut gebrannt . .	13,5
C.	Salpeter	25,0
	Kalium-Chlorat	12,5
	Schwefel	9,0
	Kohle	14,0

Man kann diese Sätze mit verschiedenen färbenden Präparaten vermengen, thut dies aber nur seltener, weil diese Substanzen meistens die Entzündlichkeit etwas verringern. Nitrate und Chlorate jener Metalle, welche die Flamme färben, lassen sich zwar als theilweise Ersatzmittel des Salpeters anwenden, haben aber den Uebelstand, daß sie sehr leicht feucht werden. Wir sind zwar dahin gelangt, diesem Uebelstande dadurch abzuhelfen, daß wir die fertige Rakete an jenen Theilen, an welchen der Satz frei sichtbar ist, mit

Digitized by Google

Collodium überzogen haben, was aber eine ziemlich kostspielige Manipulation ist und viele Aufmerksamkeit erfordert. Etwas billiger und von gleicher Wirkung ist ein Ueberzug von Guttapercha.

Das Collodium bereitet man durch Auflösen von Schießbaumwolle in Aether und erhält auf diese Weise eine dicke Flüssigkeit, die an der Luft sehr rasch zu einem dünnen Häutchen von glasartiger Beschaffenheit eintrocknet. Damit das Collodium nicht zu rasch eintrockne, verdünnt man es mit dem stärksten Weingeist so weit, daß man es mit dem Pinsel auftragen kann. Die Lösung von Guttapercha wird auf die Weise hergestellt, daß man wohlgereinigte Gutta-Percha durch Einlegen in heißes Wasser erweicht, zu einem sehr dünnen Blatte auswalzt, dieses in Stücke schneidet und dieselben in einer Flasche mit Schwefelkohlenstoff (einer brennbaren, sehr flüchtigen Flüssigkeit) übergießt.

Mit Hilfe dieser beiden Lösungen, die eigentlich wasserdichte Firnisse sind, kann man Raketen, die mit sehr zerfließlichen Sätzen geladen sind, unverändert aufbewahren; doch müssen absolut alle Theile des Satzes, welche frei liegen, gefirnißt werden, indem sonst die ganze Arbeit nutzlos ist.

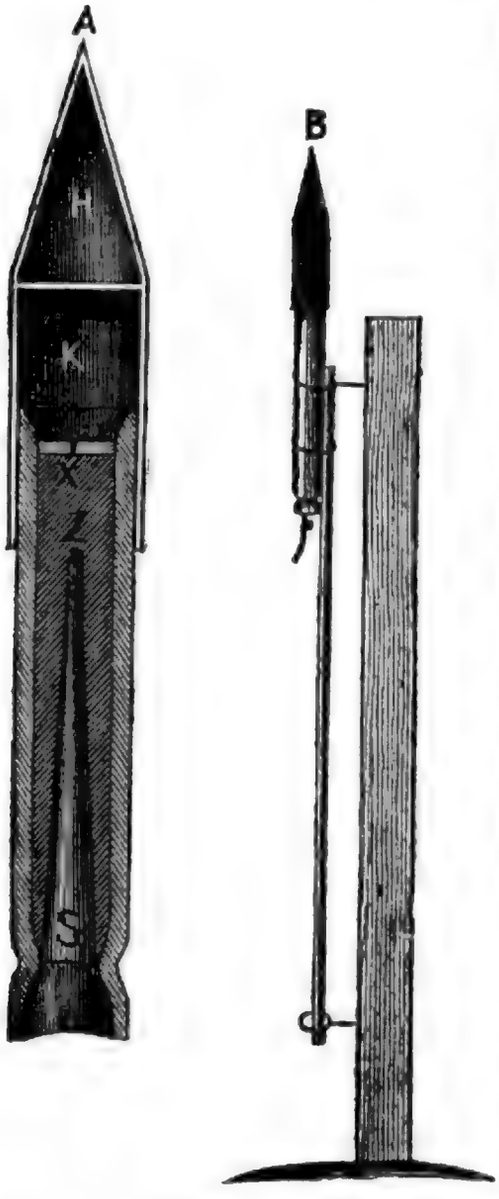
Digitized by Google

XXI.

Die Raketen.

Eine Rakete besteht aus einer Hülse, welche unten wenig eingeschnürt ist, so daß sie zur Hälfte offen bleibt, an ihrem oberen Ende aber fest verschlossen ist. Diese Hülsen sind mit einem sehr stark gedichteten Satze geladen und zwar derart, daß bis zu einer gewissen Höhe eine schwach kegelförmige Höhlung durch die Rakete geht. Die nebenstehende Figur 11 giebt bei A die Abbildung einer fertig geladenen Rakete. Die Hülse wird bis zu etwa 2 bis 3 Cm. unter dem Rand mit dem Satze angefüllt und dann der Ueberschuß der Hülse abgeschnitten. Dieser besitzt aber in seinem unteren Theile eine kegelförmige Aushöhlung S, welche man die Seele der Rakete nennt. Der Satz steht über der Seele noch etwa so hoch, daß er meistens eine Höhe besitzt, die dem Durchmesser der Hülse gleichkommt. Dieser Theil der

Fig. 11. Fig. 12.



Digitized by Google

Ladung, welcher massiv ist, heißt Zehrung Z. Auf der Zehrung liegt eine in der Mitte durchbohrte Scheibe, die Schlagscheibe genannt, die entweder aus Holz oder aus dicker Pappe verfertigt werden kann.

Bei einfachen Raketen, welche blos unter Bildung eines langen Feuerstrahles hoch in die Luft steigen sollen, und dann verlöschen, ist der Raketenkörper hiermit abgeschlossen und folgt auf die Schlagscheibe sogleich der Hut H, welcher aus einem Kegel von Pappe besteht; dieser Theil der Raketen ist zwar von sehr großer Wichtigkeit, wird aber unbegreiflicher Weise von vielen nur bei großen Raketen für wichtig gehalten, auf kleineren aber nicht angebracht. Bei einem Gegenstande, welcher mit so großer Geschwindigkeit aufsteigen soll wie die Raketen, muß man offenbar alles vermeiden, was dem Aufsteigen ein Hinderniß entgegen setzen könnte und die Dispositionen so treffen, daß möglichst wenig Hindernisse auf den bewegten Körper einwirken.

Wenn man nun eine Rakete abbrennt, welche oben entweder flach, oder nur sehr wenig gewölbt ist, so wird der Druck, welchen die Luft bei der Aufwärtsbewegung der Rakete erleidet, ein sehr starker sein; es wird eine Verdichtung der Luft vor der Rakete entstehen, welche um so bedeutender ist, je größer die Anfangs-Geschwindigkeit der Rakete war; dieser Druck wirkt aber der Bewegung der Rakete gerade entgegen, und gestattet nur ein langsames Aufwärtssteigen und eine geringere Flughöhe.

Versieht man die Rakete mit einem Hute, so wirkt dieser durch seine kegelförmige Gestalt verdrängend auf die Luft ein; anstatt verdichtet zu werden, gleitet die Luft an der Rakete vorbei, und setzt derselben kein anderes Bewegungshinderniß entgegen, als das des Reibungswiderstandes,

Digitized by Google

welches aber gering ist, und sich überhaupt durch kein Mittel beseitigen läßt.

Bei solchen Raketen, welche sogenannte Versetzungen erhalten sollen, das heißt beim Aufsteigen Funken, Leuchtkugeln, Sterne entlassen sollen, muß zur Aufnahme dieser Gegenstände die Rakete mit einer Kammer K versehen werden. — Die Kammer besteht aus einem cylindrischen Aufsatze, welcher aus schwächerer Pappe verfertigt ist, als die Raketenhülse und an dieser festgeklebt wird. Hiezu, wie zum Einsetzen der Schlagscheibe, bedient man sich des gewöhnlichen Tischlerleimes. Der „Kopf" — einige Pyrotechniker geben der Kammer auch diese Benennung — wird endlich durch den Hut H abgeschlossen.

Wenn die Rakete geladen ist, das heißt, daß der eigentliche Treibsatz vollständig eingebracht ist, und aus Seele und Zehrung besteht, schreitet man zur Vollendung der Raketen, was man mit dem Kunstausdrucke der Adjustirung der Raketen bezeichnet.

Zuerst schneidet man mittelst einer scharfen Scheere den über den Satz emporstehenden Rand der Hülse so weit ab, daß er mit der oberen Fläche der eingesetzten Schlagscheibe nahezu gleich ist, bestreicht diese am Rande mit Leim, und setzt sie so in die Rakete ein, daß sie fest auf dem Satze aufliegt. Sodann füllt man die Bohrung der Schlagscheibe ganz mit dem Satze aus und bestreicht die obere Fläche derselben mit Anfeuerung. Die Kammer wird an der Innenseite ebenfalls sorgfältig mit Anfeuerung ausgestrichen, jedoch nur so weit, daß unten ein Rand von entsprechender Breite bleibt, mit welchem die Kammer auf die Hülse aufgesetzt wird. Die Kammer wird nun mit den entsprechenden Versetzungsstücken gefüllt, der Außenrand der Hülse mit Leim bestrichen und die Kammer aufgeschoben. Durch einen

Digitized by Google

Drahtbund, oder auch durch einen einfachen Bindfaden befestigt man noch die Kammer an der Hülse.

Es wird gewöhnlich als Regel angenommen, daß das Gewicht der Kammer sammt dem Hute und den Versetzungsstücken ein Drittel des Gewichtes der Rakete selbst nicht übersteigen soll, doch ist diese Angabe eine ziemlich unsichere, da bei sehr dickwandigen Hülsen das Gewicht der Hülse zu jenem des Treibsatzes ein größeres ist, als bei dünnwandigen und eine solche Rakete eine geringere Steigkraft besitzt.

Bei entsprechend gefertigten Hülsen kann man das Gewicht der Versetzungen bis zur Hälfte des Gewichtes, welches der Treibsatz besitzt, gehen lassen, ohne die Steigkraft zu beeinträchtigen. Durch einen sehr einfachen Kunstgriff kann man die Hülsen verhältnißmäßig dünn und leicht machen, und ihnen doch so viel Festigkeit ertheilen, daß sie beim Abbrennen der Raketen nicht reißen.

Man fertigt nämlich die Hülsen derart an, daß man eine zweifache Papierlage giebt und auf diese eine Lage folgen läßt, welche durch grobe Leinwand gebildet und nochmals mit Papier überzogen wird. Derartige Hülsen mit Leinwandeinlagen besitzen eine außerordentlich große Widerstandsfähigkeit und haben noch den Vortheil, daß sie sich wegen ihrer geringen Dicke leicht einschnüren lassen.

Das Einsetzen der Zündvorrichtung, des sogenannten Branders, in die Raketen geschieht auf die Weise, daß man eine rasch abbrennende Zündschnur, die in Papier eingeschlagen ist, an einer Seite mit etwas Leim bestreicht und in die Seele der Rakete einführt, derart, daß das vordere Ende der Zündschnur an der Basis der Zehrung ansteht; man schneidet das aus der Rakete hervorragende Ende der Zündschnur soweit ab, daß es etwa 2 Cm. aus der Seele hervorragt.

Die Rakete wird nun durch das Aufbinden derselben auf den Raketenstab vollends adjustirt. Dieser Stab muß in Bezug auf die Dimensionen der Rakete eine gewisse Länge haben. Einige Pyrotechniker geben an, daß derselbe siebenmal so lang sein soll, als die fertig adjustirte Rakete, nach anderen hängt die Länge des Stabes von dem Kaliber der Rakete ab. Letzteres wird nach einer älteren artilleristischen Methode auf die Art bemessen, daß man von halb-, ein-, anderthalbpfündigen u. s. w. sprach. Man versteht unter diesen Bezeichnungen, Raketen, welche einen Durchmesser (Kaliber) haben, welcher jenem einer Eisenkugel von ein halb, ein, ein und einhalb Pfund u. s. w. gleichkam. Auf diese Weise bestimmte man z. B. die Länge des Stabes für einpfündige Raketen mit 260 Cm., für ein und einhalbpfündige mit 320 Cm. u. s. w.

Nach unseren Versuchen hängt die geeignetste Länge des Stabes nicht von dem Durchmesser, sondern einzig und allein von der Länge der Rakete und dem Gewichte derselben ab. Der Stab muß vor allem so befestigt werden, daß seine eigene Längsachse vollkommen gleiche Richtung mit der Längsachse der Rakete hat; ist dies nicht der Fall, so steigt die Rakete beim Abbrennen nicht in der Richtung auf, in welcher man es beabsichtigt, sondern geht schief.

Dies ist leicht erklärlich; wir müssen uns vorstellen, die Rakete sei eine Masse, die in einer gewissen Richtung nach aufwärts getrieben wird, und in dieser Richtung auch steigt, wenn ein mit ihr verbundener Körper (der Stab) parallel mit der Hülse ist, welche den Feuerwerkskörper einschließt. Ist der Stab aber in einer anderen Lage, so wirkt der Luftwiderstand auf ihn ein, und es entsteht beim Emporsteigen der Rakete durch den Luftwiderstand eine Kraft,

Digitized by Google

welche nicht parallel mit jener ist, welcher die Rakete folgen will; aus dem Zusammenwirken dieser beiden Kräfte ergiebt sich eine resultirende Kraft, welche die Flugbahn der Rakete bestimmt.

Es handelt sich zunächst darum, den Stab parallel mit der Längsaxe der Rakete zu stellen. Obwohl man nun bei einiger Uebung diese Stellung leicht hervorbringen kann, empfiehlt es sich doch die Arbeiter zu gewöhnen, nach einer bestimmten Vorschrift zu arbeiten, welche das Stellen des Raketenstabes sehr erleichtert. Man macht an die Wand eines Zimmers einen Strich, welcher die Richtung des Fadens eines Senkbleies anzeigt, also lothrecht ist; man bindet ferner den Stab oben fest an die Rakete und läßt den unteren Bund aber so locker, daß man den Stab nach rechts oder links schieben kann. Wenn man die Rakete aufhängt, so ist es leicht durch Visiren mit einem Auge nach der vorerwähnten Linie zu ermessen, ob Rakete und Raketenstab parallel stehen; ist dies der Fall, so muß die Rakete und der Stab die Linie decken. Man zieht den unteren Drahtbund fest zusammen und erhält dadurch den Stab bleibend in seiner Stellung. In Figur 12 B geben wir die Abbildung einer vollständig adjustirten und zum Abbrennen bereiten Rakete.

Die Rakete, welche mit der Zündschnur versehen ist, wird an einem Nagel aufgehängt, der in einen feststehenden Pfahl eingeschlagen ist; um den Raketenstab genau in verticaler Stellung zu erhalten, bringt man am unteren Ende des Pfahles einen Ring an, in welchen das untere Stabende reicht. Wenn man die Stoppine anzündet, so muß sich eine richtig bereitete Rakete fast momentan in verticaler Richtung erheben, hierbei unter heftig zischendem Geräusch einen Feuerstrahl ausstoßen, welcher vom Boden bis zu dem höchsten Punkte reicht, bis zu welchem die Rakete überhaupt steigt.

Digitized by Google

Auf sehr einfache Weise lassen sich die Raketen balanciren, das heißt so einrichten, daß sie beim Abbrennen sicher vertical aufwärts steigen. Man legt zu diesem Behufe die mit dem Stabe verbundene Rakete so auf einen schmalkantigen Körper, daß die Rakete sammt dem Stabe vollkommen horizontal im Gleichgewichte liegt. Der Unterstützungspunkt muß nun bei richtig getroffener Stablänge sehr nahe dem unteren Ende der Rakete sein — 1 bis 3 Cm.; ist er weiter von demselben entfernt, so ist dies als ein Zeichen zu betrachten, daß der Stab zu lang ist; man kürzt ihn auf entsprechende Weise durch Abkneipen mit einer Rebscheere.

Jüngere Aeste von Haselstauden oder von Weiden, überhaupt von leichteren Holzgattungen eignen sich ganz besonders zu Raketenstäben; in Ermanglung solcher läßt man sich viereckige Stäbe aus trockenem Tannenholz hobeln, welche am unteren freien Ende etwas dicker sind als oben, wo sie mit der Racketenhülse verbunden sind. Zur sicheren Befestigung der beiden Bindfäden oder Drähte, giebt man dem Stabe oben zwei Kerbe, in welche man die Fäden legt.

Der schönste Effect wird erreicht, wenn man die Raketen so zu stellen weiß, daß sie absolut vertical steigen; man hat dann eine Feuerlinie von ganz gerader Richtung, welche aber in dem Momente, in welchem sich die Rakete zum Abwärtsfallen neigt, schon erloschen ist, und welcher die Funken, Leuchtkugeln, Sterne und sonstige Versetzungsstücke, mit denen der Kopf der Rakete geladen war, folgen. Enthielt der Kopf Leuchtkugeln, so fallen diese als schön leuchtende Sterne aus der Rakete und verbrennen in der Luft; war die Kammer mit Kanonenschlägen geladen, so verlischt die Rakete unter einem starken Knall.

Digitized by Google

XXII.

Die Bewegungs-Ursachen der Raketen.

Wir widmen der Besprechung der Bewegungs-Ursachen der Raketen einen besonderen Abschnitt dieses Werkes, weil wir gefunden haben, daß in den verschiedenen pyrotechnischen Werken gerade über diesen Gegenstand meistens sehr irrthümliche Ansichten verbreitet sind.

Wenn wir zuvörderst den Vorgang in's Auge fassen, welcher beim Abbrennen der Raketen stattfindet, so nehmen wir wahr, daß die Entzündung eines sehr explosiblen Satzes, welcher beim Verbrennen eine sehr große Menge Gase von hoher Temperatur und in Folge dessen enormer Spannkraft entwickelt, daß diese Entzündung an einer Stelle erfolgt, von wo sie sich auf das rascheste allseitig fortpflanzen kann, nämlich nahezu in der Spitze der Seele der Rakete (vergleiche Figur 11). Die Entzündung pflanzt sich zuerst längs der Oberfläche der Seele fort und bringt den Satz, welcher rings um die Seele geschlagen ist, fast in einem und demselben Augenblick zur Entzündung; der Zehrungssatz, welcher einen größeren Querschnitt besitzt, kommt einen Moment später zur Entflammung. Wir bemerken hier, daß der Zeitunterschied zwischen der Entflammung des Satztheiles, welcher rings um die Seele liegt und jenem, welcher die Zehrung bildet, in Wirklichkeit nur einige Hundertstel einer Secunde betragen kann, doch ist es wichtig diesen Zeitenunterschied zu constatiren. Erst nachdem auch der Zehrungssatz fast

Digitized by Google

vollständig verbrannt ist, kann die Flamme durch das Loch der Schlagscheibe in die Kammer gelangen und die Versetzungsstücke in Brand setzen.

Beim Entzünden muß jener Theil des Satzes, welcher die Seele bildet, zuerst entflammt werden, und ist demnach auch, wie erwähnt wurde, die Zündschnur genau so anzubringen, daß sie den Zehrungssatz nur berührt; einige Pyrotechniker wollen sogar, daß die Zündschnur nur bis zu einer gewissen Höhe in den Zehrungssatz reiche; wir haben aber die Erfahrung, daß die Rakete am raschesten und schönsten aufsteigt, wenn sie gerade an jener Stelle in Brand gesetzt wird, an welcher sich der Seelentheil und der Zehrungssatz berühren, somit am oberen Ende der Seele. Keinesfalls darf aber die Zündung in den Zehrungssatz eingesenkt werden; der beim Verbrennen entwickelte Gasdruck wäre dann ein so starker, daß nur selten eine Hülse demselben Widerstand leisten könnte; in den meisten Fällen würde die Rakete zersprengt werden, ohne sich in die Luft zu erheben.

Der Raketensatz entwickelt beim Verbrennen eine sehr große Menge von Gasen, welche sehr heiß und in Folge dessen von hoher Spannkraft sind; wie alle Gase streben dieselben darnach, sich auszudehnen und üben auf die Wände der Hülse einen mächtigen Druck aus, der aber durch die Wände der Hülse allseitig aufgehoben wird, insoferne dieselbe genügend stark gearbeitet ist. Nur an einer Stelle setzt sich dem Austritt der Verbrennungsgase kein Hemmniß entgegen und zwar an der unteren Oeffnung der Rakete: die brennenden Gase werden somit an dieser Stelle mit großer Kraft aus der Hülse herausgeschleudert und bilden den aus der Rakete entweichenden Feuerstrahl.

Wenn nun an dieser Stelle der Rakete der Druck aufgehoben ist, so wirkt er an der entgegengesetzten — gegen

N. Y. Free Circulating Library

die Kammer der Rakete aber fort und hebt die frei bewegliche Rakete ſammt dem Stabe in die Höhe; einen Moment ſpäter gelangt der Zehrungsſatz zur Entzündung, und verhält ſich genau auf dieſelbe Weiſe. Es iſt aus den Grundlehren der Mechanik bekannt, daß Kräfte, welche in einer Richtung wirken, ſich ſummiren; die Rakete wird daher, nachdem ſie ſchon durch die Wirkung des Seelenſatzes eine aufſteigende Bewegung angenommen hat, durch das Entflammen des Zehrungsſatzes mit beſchleunigter Bewegung aufwärts ſteigen.

Aus dem eben Geſagten ergiebt ſich, daß das Emporſteigen der Raketen ebenfalls (ſowie das der Schwärmer) durch rückwirkende Kraft bedingt wird; die Raketen ſteigen durch Reactionsbewegung.

Wenn wir nun unterſuchen, wie lange denn eine Rakete überhaupt zu ſteigen vermag, ſo giebt uns eine einfache Betrachtung auch hierüber genügenden Aufſchluß. Die Rakete wird durch zwei Kräfte empor getrieben, die wir wegen der Kürze der Zeit, durch welche ſie wirken, als augenblicklich wirkende, momentane oder Stoßkräfte annehmen können. Den erſten Stoß erhält die Rakete durch das Verbrennen des Seelenſatzes und wird hierdurch nicht nur der Uebergang der Ruhe in Bewegung (die Ueberwältigung des Beharrungsvermögens), ſondern auch ein Aufſteigen der Rakete mit einer gewiſſen Geſchwindigkeit bewirkt. Würde keine andere Kraft auf die Rakete einwirken, ſo müßte ſie mit dieſer durch den Stoß erlangten Geſchwindigkeit gleichmäßig und fortwährend aufwärts ſteigen.

Nachdem aber die Rakete durch den Stoß des verbrennenden Seelenſatzes getrieben eine gewiſſe Höhe erreicht hat, erfolgt die Entzündung des Zehrungsſatzes und wird der Rakete ein neuerlicher Impuls ertheilt, welcher eine

Vergrößerung der Fluggeſchwindigkeit zur Folge hat. Die Rakete ſollte nunmehr mit der Summe der Kräfte, welche aus den beiden Impulſen hervorgehen, aufwärts fliegen.

Zwei Hinderniſſe wirken aber dem gleichmäßigen Steigen der Raketen entgegen: der Luftwiderſtand und die Wirkung der Schwere. — Der Widerſtand der Luft iſt offenbar um ſo größer, je bedeutender die Anfangsgeſchwindigkeit der Rakete war; er iſt eine conſtante Kraft, welche der eine aufſteigende Bewegung bedingenden Wurfkraft gerade entgegenwirkt; er verlangſamt alſo die aufſteigende durch eine momentane oder Wurfkraft hervorgerufene Bewegung der Rakete fortwährend und würde die Rakete endlich zum Stillſtande bringen.

Die Schwere iſt eine Kraft, welche in verticaler Richtung nach abwärts wirkt; da ſie conſtant und der Richtung der Rakete, welche eine verticale nach aufwärts iſt, geradezu entgegengeſetzt iſt, ſo folgt daraus, daß auch durch dieſe Kraft die Bewegung der Rakete fortwährend verlangſamt wird.

Die Rakete wird nach dem Geſagten von einer momentanen Kraft nach aufwärts getrieben, von einer conſtanten Kraft nach abwärts gezogen. Die momentane Kraft, anfangs viel größer als die conſtante, macht die Rakete bis zu einer gewiſſen Höhe ſteigen, wird aber durch die entgegengeſetzt und fortwährend wirkende Schwerkraft immer kleiner; es muß ein Moment eintreten, in welchem der Zug nach abwärts genau eben ſo groß iſt, als das Beſtreben der Rakete, nach aufwärts zu ſteigen. Da einander gleiche, aber in entgegengeſetzter Richtung wirkende Kräfte ſich gegenſeitig vernichten, ſo können wir annehmen, daß die Rakete, welche nun den höchſten Punkt ihrer Erhebung erreicht hat, durch einen Moment in Ruhe verharre. In

Digitized by Google

Wirklichkeit beginnt sie aber sofort zu sinken, die Schwerkraft wird immer größer und die Rakete, welche mit einer verzögerten Bewegung nach aufwärts gestiegen ist, fällt nun mit beschleunigter Bewegung herab.

Man muß nun den Satz so einrichten, daß derselbe eben ganz zu Ende gebrannt ist, wenn die Rakete nur mehr wenig zu steigen hat; der Feuerstrahl verlischt dann und die Versetzungsstücke fallen aus der Hülse heraus; in Folge dessen ist die Gleichgewichtslage der Rakete gestört, die leere Hülse mit dem Stabe kippt um und fällt zur Erde.

Auch bei solchen Raketen, welche absolut vertical aufgestiegen sind, bemerkt man, daß die leergebrannte Hülse ziemlich weit westlich von der Stelle niederfällt, von welcher die Rakete aufgestiegen ist. Diese Erscheinung erklärt sich leicht aus der Umdrehung der Erde. Diese dreht sich bekanntlich von West nach Ost; die auffliegende Rakete nimmt aber an dieser Bewegung nicht Theil und es dreht sich gleichsam die Erde ein Stück unter ihr weiter nach Osten, so daß die herabfallende Hülse an einem westlicher gelegenen Punkte zu Boden fallen muß.

Da es sich beim Abbrennen der Rakete darum handelt, zwei rasch aufeinander folgende Stöße hervorzubringen, von denen einer, und zwar der erste, ein möglichst kräftiger sein soll, während der zweite Stoß, der das fernere Aufsteigen bewirken soll, am besten durch eine länger andauernde Kraft ersetzt würde, so ergiebt sich daraus, daß man eigentlich zwei verschiedene Sätze zur Ladung der Raketen anwenden sollte: einen sehr rasch abbrennenden für den Theil, aus welchem die Seele gebildet wird, und einen etwas langsameren für die Zehrung. Nach Versuchen, welche wir hierüber angestellt haben, ist es unzweifelhaft,

Digitized by Google

daß eine auf diese Weise geladene Rakete entschieden höher steigt, als eine solche, welche nur mit einem Satze geladen ist. Wenn für den Seelensatz eine der oben angegebenen Ladungen verwendet wird, so kann man für den Zehrungssatz eine Ladung geben, welche einem der nachstehenden Mischungsverhältnisse entspricht.

A.	Pulvermehl von Jagdpulver . .	53
	Salpeter	53
	Schwefel	16
	Kohle	35
B	Pulvermehl	200
	Salpeter	230
	Schwefel	50
	Kohle	25
C.	Salpeter	50
	Schwefel	12
	Kohle	16

Will man nur einerlei Satz anwenden, so ist offenbar nur ein rasch abbrennendes Gemenge, welches in einem kurzen Zeitraum ein großes Gasquantum entwickelt, brauchbar; wollte man langsame Sätze anwenden, so würde man die Rakete nicht schnell und hoch genug steigen machen. Daß die Benützung eines langsamen Satzes als Raketenladung nicht anzuempfehlen ist, ergiebt sich aus folgendem Versuche:

Wenn man eine mit einem langsamen Satze geladene Rakete losbrennt, so bemerkt man, daß der Feuerstrahl einen Augenblick aus der ruhig hängenden Rakete hervordringt

Digitized by Google

und diese erst dann emporschießt. Es dauert nämlich eine gewisse Zeit, bis die Entzündung der ganzen Masse des Seelensatzes erfolgt und die rückwirkende Kraft der Gase, welche aus der unteren Oeffnung der Rakete strömen, so groß geworden ist, daß sie das Gewicht der Rakete zu überwältigen vermag. Der Theil des Satzes, welcher bis zum Eintreten dieser Kraftentwickelung verbrennen muß, ist offenbar ganz nutzlos angewendet, da er zu dem eigentlichen Zwecke der Rakete, die Erscheinung eines aufsteigenden feurigen Meteors hervorzubringen, nichts beiträgt.

Manche Feuerwerker wollen ganz besonders, daß man große Raketen mit einem langsamen Satz lade, da dieselben bei einem raschen Satze leicht springen. Diesem Uebelstande läßt sich aber leicht dadurch begegnen, daß man die Hülse fest arbeitet (z. B. mit einer Leinwandlage) und daß man sie am unteren Ende etwas weniger stark einschnürt.

Die Stärke der unteren Einschnürung ist für die Geschwindigkeit des Aufsteigens ebenfalls von Belang; ist die Hülse stark eingeschnürt, so ist die Oeffnung, durch welche die Verbrennungsgase entweichen können, eine kleine, im Innern der Rakete wird ein großer Druck entstehen und auch demzufolge die rückwirkende Kraft eine große sein, die Rakete wird schnell und hoch steigen.

Es verhält sich hierbei genau so wie bei unseren Feuergewehren. Wir vermögen gegenwärtig viel weiter und mit größerer Kraft zu schießen, als früher, und erreichen dies dadnrch, daß wir dem Geschosse einen geringeren Durchmesser, aber eine größere Länge und nach vorne eine kegelförmige Gestalt geben (Spitzkugeln) und daß wir den Lauf des Gewehres ziemlich lang machen, damit der Druck der Pulvergase seine volle Wirkung auf das Geschoß

Digitized by Google

zu äußern vermag. Die Ladung erfolgt mit einem rasch abbrennenden Pulver.

Wenn wir diese Verhältnisse auf die Raketen übertragen, so ergiebt sich daraus, daß die Raketen von geringem Durchmesser, aber von bedeutender Länge sein sollen, und daß die Verengung des unteren Hülsenendes eine bedeutende sein soll.

Da die Seele der Rakete offenbar nur den Zweck hat, dem unteren Theile des Raketensatzes eine möglichst große Oberfläche zu geben, so ergiebt sich hieraus, daß man bestrebt sein soll, den Kegel, welcher die Seele bildet, so zu formen, daß er die größte Oberfläche besitzt. Von zwei Kegeln gleicher Höhe hat derjenige die größere Oberfläche, welcher die größere Basis hat. Die Basis des Seelenkegels bildet aber die Einschnürung der Hülse; man muß also den Seelenkegel so formen, daß er mindestens einen ebenso großen Basisdurchmesser erhält, als die Weite der Einschnürung beträgt. Man kann allenfalls auch die Einschnürung der Hülse ganz weg lassen, dem Seelenkegel in Folge dessen einen Durchmesser geben, der unten nahezu dem der Hülse gleichkommt, und in den unteren Theil der Hülse dann eine Platte mit entsprechend großer Oeffnung einsetzen.

Digitized by Google

XXIII.

Das Laden der Raketen.

Die eigenthümliche Form, welche der Satz einer Rakete durch die Seele erhält, bedingt auch eine besondere Art der Ladung. Die Ladung ist bei Raketen von großer Wichtigkeit; eine Rakete, deren Hülse ganz richtig construirt ist, deren Satz ein vollständig entsprechender ist, kann fehlschlagen, und zwar blos aus dem Grunde, weil der Satz nicht richtig in die Hülse geschlagen wurde. — Obwohl Raketen, deren Satz sehr dicht gemacht wurde, welche somit kräftig geschlagen wurden, im Allgemeinen höher steigen, als solche, welche minder dicht sind, so ist dieses Verhältniß nicht das eigentlich maßgebende für die Raketen; es kommt bei diesen vor allem darauf an, daß der Satz möglichst gleichförmig eingebracht werde. Wie wir in dem nachstehenden noch des Näheren auseinandersetzen werden, giebt es zwei verschiedene Methoden, die Raketen zu laden; bei der einen wird die Seele gleich beim Laden hergestellt, bei der andern wird die Rakete massiv geladen, so wie eine Leuchtrakete und die Seele nachträglich angefertigt. Das Laden einer massiven Satzsäule gestattet entschieden eine weit größere Gleichmäßigkeit im Laden, als das Laden eines Satzes, welcher eine Seele erhalten soll. Aus diesem Grunde geben wir dem zweiten Verfahren unbedingt den Vorzug; anscheinend ist es wohl umständlicher als das erste, indem es die Vornahme zweier Operationen bedingt, allein in Wirklichkeit kann man

Digitized by Google

es thatsächlich als das einfachere bezeichnen, da die Herstellung der Seele in massiv geschlagenen Raketen weit weniger Mühe macht, als die unmittelbare Anfertigung derselben in hohl geschlagenen. Zudem erfordert letzteres Verfahren sehr genau gearbeitete Werkzeuge.

Wir geben daher dem Ladeverfahren, nach welchem die Hülsen zuerst ganz geladen werden, den Vorzug, und werden dieses Verfahren auch ausführlicher beschreiben, und an dasselbe das Schlagen der Raketen nach der andern Methode anschließen.

Massiv geschlagene Raketen.

Die massiv geschlagenen Raketen werden auf ähnliche Weise angefertigt, wie dies bei den Leuchtfeuersätzen auseinander gesetzt wurde; der Hauptunterschied besteht blos darin, daß man die Raketen weit fester schlägt, als dies bei den Leuchtfeuern der Fall ist, und aus diesem Grunde auch nur ganz dünne Lagen des Satzes auf einmal in Behandlung nimmt; am besten ist es, nur Schichten von solcher Höhe zu machen, daß die geschlagene Satzmasse höchstens die anderthalbfache Höhe des Hülsendurchmessers erreicht.

Manche Pyrotechniker geben ganz genau an, wie viele Schläge man mit einem Hammer von einem gewissen Gewichte auf den Satz einer Rakete von bestimmtem Durchmesser machen soll; nach dem, was wir schon vorstehend gesagt haben, erscheint uns dies als eine müßige Spielerei, die ohnehin nicht von den Arbeitern eingehalten würde; es ist ganz gleichgiltig, ob man einen Hammer mit einem oder fünf Kilogramm anwendet — das wichtige beim Schlagen ist die gleichmäßige Zusammendrückung des Satzes — je stärker dieselbe erfolgt, desto kräftiger wird die Rakete

Digitized by Google

wirken und kann man in der That solche Raketen, welche bestimmt sind, Leuchtkugeln oder Sterne zu entwickeln — bei welchen es also weniger auf die Stärke des Feuerstrahles ankommt — mit einer beträchtlich schwächeren Ladung versehen, wenn dieselbe sehr kräftig geschlagen ist.

Die Lustfeuerwerkerei steht noch nicht auf jener hohen Stufe der Entwickelung, welche die Kriegsfeuerwerkerei schon gegenwärtig erreicht hat. Wir zweifeln aber nicht im geringsten daran, daß eine Fabrik, welche Feuerwerkskörper im großen Maßstabe herzustellen hätte, auf ganz andere Weise arbeiten würde, als dies gegenwärtig der mit kleinen Mitteln arbeitende Pyrotechniker in seinem Laboratorium zu thun gezwungen ist. Die Handarbeit würde in derartigen Fabriken fast gänzlich von der Maschinenarbeit verdrängt werden.

Mittelst Maschinen könnte man Raketen von ausgezeichneter Qualität zu sehr billigen Preisen herstellen, welche jene, die man durch Handarbeit und zwar durch die denkbar sorgsamste Handarbeit hergestellten, weitaus an Wirksamkeit übertreffen würden. — Wenn dem Pyrotechniker eine hydraulische Presse zur Verfügung steht, welche einige tausend Kilogramm Druck zu geben vermag, so könnte man mit Hilfe derselben den Raketensatz auf die Weise herstellen, daß man den angefeuchteten Satz in broncenen Cylindern, welche eine ganz glatte Bohrung besitzen, zusammenpreßt; der aus diesen Formcylindern genommene Satz würde eine feste compacte Stange darstellen, welche blos die Seele zu erhalten brauchte, um den vollständigen Raketensatz zu geben, der gleich dazu benutzt würde, um die Hülsen über ihn anzufertigen.

Daß derartige Raketen eine ganz enorme Steigkraft besitzen müssen, ist begreiflich, sie würden ja bei sonst gleichen

Digitized by Google

Dimensionen in Bezug auf Durchmesser und Länge gewiß ein weitaus größeres Satzquantum besitzen, als mit der Hand geschlagen. Obwohl es nun für den Pyrotechniker einerlei ist, ob eine Rakete um hundert Meter höher steigt als eine andere, so ist die stärkere Steigkraft einer Rakete für ihn dennoch von großer Wichtigkeit. Je größer die Steigkraft einer Rakete ist, desto größer kann das Gewicht der in der Kammer oder dem Hute enthaltenen Versetzungsstücke sein; mit sehr kräftig geschlagenen Raketen kann man schon eine weit größere Menge von Versetzungsstücken aufsteigen lassen, als mit solchen, welche nur schwach geschlagen sind.

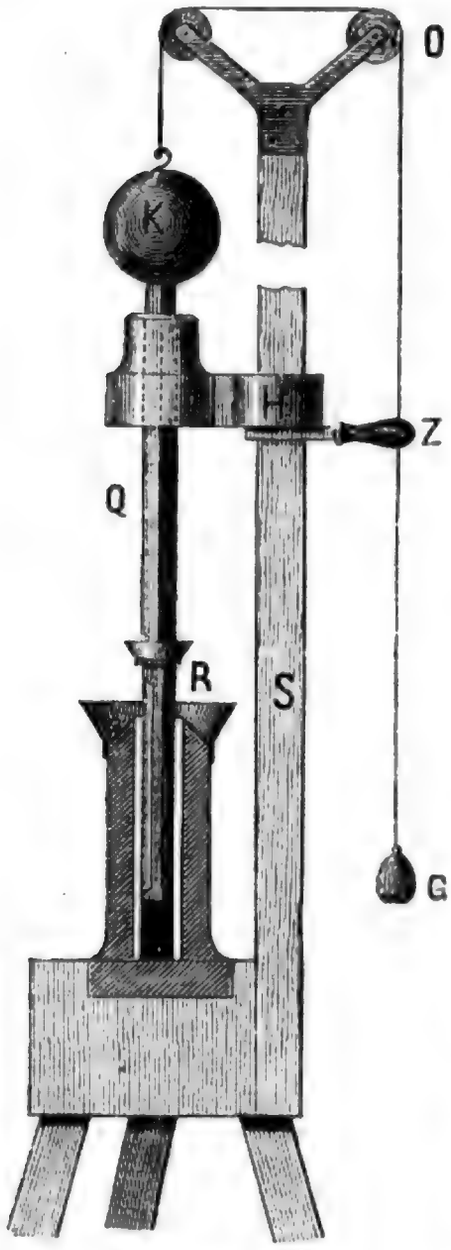
Die sogenannten Congrève'schen oder Brandraketen, welche in der Kriegsfeuerwerkerei angewendet werden, um auf sehr bedeutende Entfernungen — ein Kilometer und darüber — Objecte in Brand zu stecken, erhalten anstatt des Hutes einen festen Metallaufsatz, der sie befähigt, beim Niederfallen Ziegel- und Schieferdächer durchzuschlagen. — Ein Raketensatz, welcher im Stande ist, eine verhältnißmäßig schwere Masse so weit zu treiben, muß offenbar eine sehr bedeutende Kraft entwickeln. In der That sollen die Congrève'schen Raketen mit einem Satze gefüllt sein, welcher durch hydraulische Pressen ungemein stark verdichtet wurde; näheres über die Zusammensetzung dieses Satzes ist nicht bekannt, da dieselbe als Geheimniß jener Regierungen, welche dieses Kriegsmittel besitzen — wenn wir nicht irren, kennt nur England, Oesterreich und Schweden die Composition desselben — streng gewahrt wird. Nach den Lehren der pyrotechnischen Chemie dürfte es übrigens nicht schwierig sein, einen Satz herzustellen, der an Wirksamkeit jenem der Congrève'schen Raketen gleichkommt.

Digitized by Google

Die Schlagvorrichtung.

Um auch unter Anwendung von Handarbeit — und eine andere steht dermalen wohl keinem Lustfeuerwerker zu Gebote — ein vollkommen gleichmäßiges Schlagen der Raketen auszuführen, bedienen wir uns einer einfachen Vorrichtung, von welcher Figur 13 eine Abbildung giebt.

Fig. 13.



Das Princip dieser Vorrichtung läßt sich leicht aus dem Nachfolgenden erkennen: Ein Körper von einem bestimmten Gewichte, welcher auf eine gewisse Höhe gehoben wird, übt beim Niederfallen einen Stoß aus, welcher immer von derselben Stärke ist. — Die Vorrichtung besteht aus einer genau vertical gestellten Säule S von quadratischem Querschnitte, welche mit einem Maßstabe versehen und neben dem Block, auf welcher die in Figur 5 auf Seite 135 abgebildete Ladevorrichtung befestigt ist, gestellt wird; man kann sie auch unmittelbar an diesem Blocke selbst befestigen. An dieser Säule läßt sich eine Hülse H verschieben und mittelst eines starken Zapfens Z befestigen. Die Löcher, in welche dieser Zapfen paßt, stehen in zwei Reihen neben einander, so daß man die Hülse immer um 1 Cm. heben oder senken kann.

Digitized by Google

Die Hülse H trägt einen cylindrischen Aufsatz, durch welchen eine quadratische Bohrung geht; in dieser steckt ein massiver quadratischer Stab Q, der unten eine Scheibe trägt, und an welchem der cylindrische Stab, welcher den eigentlichen Setzer R bildet, festgeschraubt wird. Oben ist an dem erstgenannten Stabe (dem quadratischen) eine Eisenkugel K von etwa 5 Kilogramm befestigt, an der eine starke Darmseite angebracht ist, welche über die Rollen O und O_1 läuft und durch ein kleines Gewicht G gespannt wird. Die an dem quadratischen Stabe angebrachte Scheibe gestattet immer nur ein Heben des Stabes bis zu einer gewissen Höhe; das Gewicht K ist bei jedem Schlag ebenfalls ein gleiches, der auf den Satz der Rakete erfolgende Stoß daher immer von gleicher Stärke.

Hat man in die Rakete eine Satzschichte festgeschlagen, so würde in Folge dessen die Fallhöhe und der Stoß des Setzers auf den Satz ein geringerer werden; man braucht blos die Hülse H um so viel höher zu stellen, als die Höhe des Satzes zugenommen hat, um wieder genau dieselbe Fallhöhe zu erhalten wie früher.

Mit Hilfe dieser Vorrichtung wird jeder auch ganz ungeübte Arbeiter eine Rakete gleichmäßig dicht ausschlagen, er braucht hierzu blos mit dem Setzer jene Anzahl von Schlägen zu machen, welche man ihm angiebt. Um dem Arbeiter auch das Zählen zu ersparen, könnte man mit geringer Mühe den ganzen Apparat so einrichten, daß nach einer gewissen Anzahl von Schlägen eine Glocke das Zeichen zum Nachfüllen von Satz giebt.

Um für das jedesmalige Nachfüllen immer so ziemlich die gleiche Satzmenge zur Verfügung zu haben, läßt man sich für jedes Kaliber von Raketen einen Füll-Cylinder

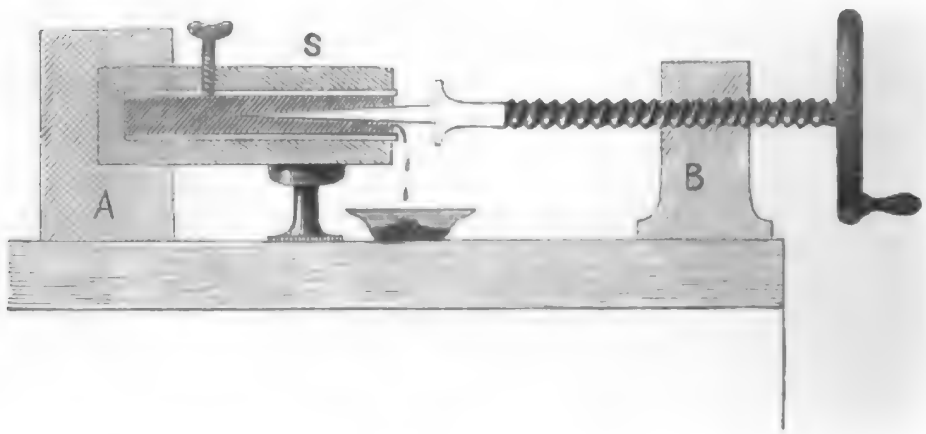
anfertigen, welcher gerade die entsprechende Quantität von Satz aufzunehmen im Stande ist.

Die Bohrvorrichtung.

Das Anfertigen der Seele in dem massiv geschlagenen Raketen-Cylinder erfolgt durch Ausbohren, und zwar verwenden wir hierzu folgende Vorrichtung Figur 12.

Auf einem Tische sind zwei starke Holzblöcke befestigt. Der eine derselben A, in welchem ein Seitenstück S eingesetzt werden kann, dient als Träger für die auszubohrende Rakete. Das Seitenstück ist mit einer Bohrung versehen,

Figur 14.



welche so weit ist, daß sich die Raketenhülse eben einschieben läßt, und trägt ziemlich weit hinten eine hölzerne Schraube, welche beim Niedergehen das Zehrungsstück der Rakete trifft und dieselbe festhält.

Durch den zweiten Holzblock B geht eine flachgängige Schraube, welche am hinteren Ende eine Scheibe trägt, an der eine Kurbel befestigt ist; am vorderen Ende ist sie aber mit einem Holzstücke verbunden, welches die Länge und die Weite der Raketenseele angiebt. Dieses Holzstück ist dreieckig und an seinen Kanten geschärft.

Digitized by Google

Dreht man die Schraube um, so schneidet dieses dreieckige Holzstück aus der noch feuchten und weichen Satzmasse einen Kegel heraus und bildet auf diese Weise die Seele der Rakete; die herausgeschnittenen Stücke fallen in eine untergesetzte Schale.

Die Herstellung der beschriebenen Vorrichtungen erfordert nur geringe Kosten, die Handhabung derselben ist außerordentlich einfach; das Resultat, welches man aber durch dieselben erzielt, ist ein sehr wesentliches, indem man alle Raketen eines und desselben Kalibers von ganz gleicher Füllung und ganz gleichen Dimensionen erhält, und hierdurch sehr bald in der Lage ist, mit größter Sicherheit zu ermitteln, welchen Effect eine solche Rakete beim Abbrennen geben wird und wie groß das Gewicht der Versetzungen sein darf, welches man ihnen giebt.

Die weitere Adjustirung solcher Raketen, das Aufsetzen der Kammer und des Hutes, die Anfeuerung und Befestigung des Raketenstabes erfolgen genau auf dieselbe Weise, wie dies schon früher angegeben wurde.

Hohlgeschlagene Raketen.

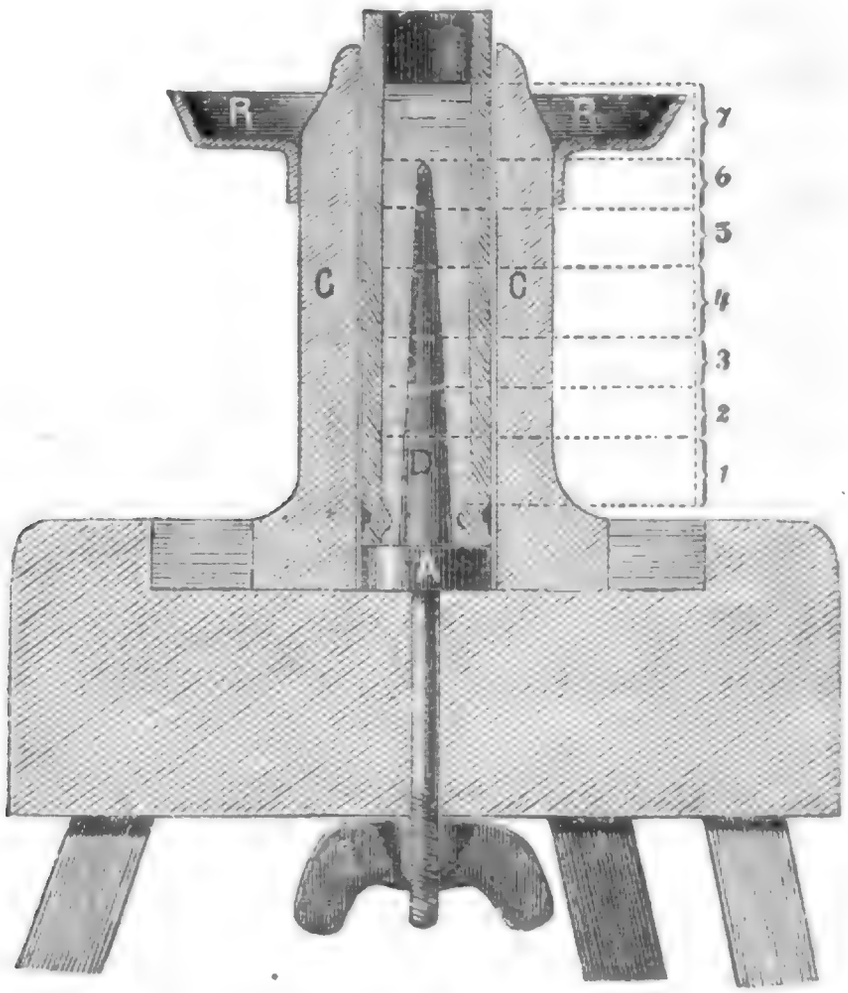
Bei der Anfertigung dieser Art von Raketen wird während des Ladens selbst die Seele hergestellt, was dadurch geschieht, daß ein massiver Kegel, welcher gleichen Durchmesser und Höhe mit der Seele der Rakete besitzt, in die Hülse eingesetzt wird; man bezeichnet diesen Kegel mit dem Namen Dorn. Die Ladestöcke oder Setzer, welche man zum Schlagen des Satzes in derartigen Hülsen verwendet, können selbstverständlich nicht massive Cylinder sein, sondern müssen eine dem Dorn entsprechende Ausbohrung haben.

Digitized by Google

Zum Schlagen von Raketen, welche über den Dorn gefertigt werden, empfiehlt es sich, die in Figur 15 abgebildete Vorrichtung zu benützen.

Dieselbe besteht aus einem festgebauten Tische mit drei Beinen, der als Träger für die eigentliche Ladevorrichtung dient. Der Dorn D ist unten mit einem cylindrischen

Fig. 15.



Ansatze A versehen, der seinerseits durch die starke Schraube S in unverrückbarer Lage auf dem Tische befestigt ist. Der Ansatz A besitzt einen Durchmesser, welcher jenem der Hülse gleich ist und wird auf denselben der Cylinder C gestellt, welcher dazu bestimmt ist, der Raketenhülse eine sichere Stellung zu geben. Um das Herabfallen von Satz beim Laden der Rakete unschädlich zu machen, umgiebt man

Digitized by Google

das obere Ende des Cylinders C mit einer ringförmigen Schüssel R.

Die Setzer, welche man verwendet, sind hohle Cylinder von einerlei äußerem Durchmesser; der innere Durchmesser wird um so größer, für eine je höhere Schichte des Satzes der Setzer gehört. In Figur 15 bedeuten die horizontalen punktirten Linien die Durchmesser der Setzer und die Zahlen 1 bis 7 die fortlaufenden Nummern der Setzer. Der Setzer Nr. 1, welcher für den untersten Theil der Hülse gehört, hat die weiteste Ausbohrung, der mit Nr. 6 bezeichnete die engste; der Setzer Nr. 7, welcher zum Schlagen der Raketenzehrung gehört, ist ein massiver Cylinder.

Die früher erwähnte und in Fig. 13 abgebildete Schlagmaschine für Raketen kann auch zur Anfertigung von Raketen, welche über einen Dorn geschlagen werden, Benützung finden. — Da man aber bei dieser Art der Raketenfertigung den Setzer sehr oft wechseln muß, so empfiehlt es sich, die Verbindung desselben mit dem Führungsstabe nicht durch eine Verschraubung, sondern mittelst eines sogenannten Bajonnett-Verschlusses herzustellen. Letzterer hält zwar nicht so fest wie eine Schraube, hat aber den Vortheil für sich, durch einen einfachen Druck geschlossen oder gelöst zu werden.

Daß es außerordentlich schwierig ist, den Satz einer Rakete, welche über den Dorn gefertigt wird, selbst mit Hilfe der Schlagmaschine ganz gleichmäßig zu erhalten, ist leicht zu beweisen. — Jene Setzer, welche zu Anfang des Schlagens angewendet werden, z. B. die Nummern 1—4, haben eine Bodenfläche von ringförmiger Gestalt (die eigentlich schlagend wirkende Fläche), welche einen geringeren Flächeninhalt besitzt, als die Bodenflächen der später anzuwendenden Setzer. — Bei gleichbleibender Schlagkraft wird nun offenbar die kleinere Fläche einen verhältnißmäßig

Digitized by Google

höheren Druck ausüben, als die größere; es werden daher die unteren Partien der Rakete, welche die Seele bilden, um ein ansehnliches dichter sein, als die oberen und sich dem zu Folge auch etwas schwieriger entzünden und langsamer abbrennen.

So verschwindend klein der Zeitunterschied zwischen dem Abbrennen des die Seele umhüllenden Satzes und der Zehrung erscheinen mag, so ist er dennoch von großem Einflusse auf das ballistische oder Wurfmoment der Rakete. — Nach physikalischen Gesetzen ergiebt es sich von selbst, daß Anfangs rasch ein großes Kraftquantum an der Rakete entwickelt werden soll, indem diese Kraft nicht blos dazu dienen muß, das Trägheitsmoment der Rakete zu überwinden, sondern ihr auch eine möglichst große Anfangsgeschwindigkeit zu ertheilen.

Ein Raketensatz, welcher sehr dicht geschlagen ist, entspricht diesen Anforderungen nicht, da er sich langsam entzündet; bei solchen Raketen, welche über den Dorn geschlagen werden, ist dieses unrichtige Verhältniß vorhanden: jener Theil des Satzes, welcher die Seele umschließt, ist sehr dicht geschlagen.

Die Zehrung — das ist der massive Theil des Satzes, welcher sich über der Seele befindet — hat die Aufgabe, das durch das Verbrennen des Seelensatzes schon eingetretene Aufsteigen der Rakete zu unterstützen; je länger die Zehrung brennt, von desto längerer Dauer ist offenbar auch die Kraftentwicklung, welche dazu beiträgt, die Rakete höher zu heben; es sollte demnach der Zehrungssatz gerade dichter geschlagen werden, als der übrige Inhalt der Rakete, was bei den Dornraketen nicht der Fall ist.

Wir wollen übrigens hier gleich erwähnen, daß sich auch bei massiv geschlagenen Raketen ein kleiner Unterschied

Digitized by Google

zwischen dem unteren und oberen Theile des Satzes in Bezug auf deren Dichte zeigt; die unteren Theile des Satzes werden durch die auf den oberen Theil des Satzes fallenden Schläge immerfort gedichtet. — Um daher bei diesen Raketen das der Theorie entsprechende Verhältniß bezüglich der Dichtenunterschiede des Seelentheiles und der Zehrung der Rakete genau herzustellen, braucht man beim Ausbohren die Rakete blos einfach so zu legen, daß der zuletzt geschlagene Theil — somit der mindest dichtere — dem Bohrer zugewendet wird. — Unter allen Raketen haben solche, welche auf diese Art gefertigt werden, die bedeutendste Steigkraft.

XXIV.

Die montirten Raketen.

Unter der Bezeichnung montirte Raketen verstehen wir solche, welche im Gegensatze zu den einfachen Raketen noch besondere Erscheinungen hervorbringen, die von einer einfachen Rakete nicht verlangt werden können. — Eine einfache Rakete steigt unter Bildung eines Feuerstreifens bis zu einer gewissen Höhe empor, um sodann plötzlich zu verlöschen; eine montirte Rakete zeigt, nachdem sie selbst ausgebrannt ist, noch sehr verschiedene Erscheinungen: sie erlischt unter heftiger Explosion, wie dies bei den Schlagraketen der Fall ist, oder sie entwickelt für sich ein in der Luft schwebendes kleines Feuerwerk; entweder sie entleert einen Funken- oder Sternenregen, oder sie entläßt einige Leuchtkugeln,

Digitized by Google

welche gleich verschiedenfarbigen Sternen einige Zeit hindurch hell aufleuchten und sodann verlöschen, oder — und dies ist unstreitig die schönste Art von Raketen — sie giebt Veranlassung zur Bildung eines schönen hellleuchtenden Lichtes, welches langsam wie ein prachtvoller Stern niederschwebt und durch lange Zeit andauert.

Diese verschiedenen Arten von Raketen, welche zu den anmuthigsten Schaustellungen in der gesammten Pyrotechnik gehören, erfordern bei ihrer Herstellung eine gewisse Art der Ladung, welche aus dem nachfolgenden leicht verständlich werden wird.

Die Schlagraketen.

Bei den Schlagraketen bildet man den Kopf der Rakete auf die Weise, daß man einen Schlag, dessen Größe sich nach der Größe der Rakete richten muß, so in die Kammer einsetzt, daß die Stoppine des Schlages durch die Bohrung der Schlagscheibe zu der Zehrung der Rakete reicht. Um den Schlag, den man für diesen Zweck beiläufig von demselben Durchmesser macht, wie die Rakete selbst ist, recht kräftig zu machen, empfiehlt es sich, den zwischen der Hülse des Schlages und der Kammerwand frei bleibenden Raum mit Kleie oder Sägespänen fest auszustopfen; bei der Explosion des Schlages wird gleichzeitig auch die Kammer selbst in Stücke gerissen.

Will man den Effect hervorbringen, daß die Rakete beim Erlöschen mehrere auf einander folgende Schläge giebt, so setzt man mehrere kleine Schläge, drei bis vier in die Kammer ein, läßt die Stoppine des ersten zu dem Zehrungssatz gehen und verbindet diesen ersten Schlag an seinem nach oben gerichteten Ende durch eine Stoppine mit dem nächstfolgenden Schlag und so weiter. Der erste Schlag setzt bei

Digitized by Google

seiner Explosion die Stoppine des zweiten in Brand, nach einigen Secunden explodirt der zweite Schlag u. s. w.; man hört so viele rasch auf einander folgende Schläge, als Schlagpatronen vorhanden sind. Um diese Wirkung hervorzubringen, kann man auch anstatt der eigentlichen Schlagpatronen Frösche zur Montirung der Kammer verwenden.

Raketen mit Funken- oder Sternregen.

Raketen dieser Art entleeren nach dem vollständigen Abbrennen einen Funken- oder Sternregen. Man fertigt sie auf die Weise, daß man den Kopf sammt dem Hute wie eine selbstständige Hülse behandelt und mit einem Funken- oder Sternensatze ladet. Auf die Ladung legt man ein Blatt Papier, durch dessen Mitte eine Stoppine zu dem Zehrungssatze geht.

Wenn die Rakete eine festgeleimte Schlagscheibe enthält, so kann der Fall eintreten, daß der Funken- oder Sternenauswurf nicht auf entsprechende Weise erfolgt; bei derartigen Raketen steckt man die Kammer nur lose auf die eigentliche Raketenhülse auf und befestigt sie der Sicherheit wegen mit Hilfe zweier dünner Papierstreifen. In dem Momente, in welchem der Funkensatz zu brennen beginnt, wird die Kammer sammt dem Hute von der Rakete abgestoßen und entleert sodann während des Fallens einen reichlichen Funkenregen.

Auf noch einfachere Weise gelangt man zum Ziele, wenn man anstatt der Schlagscheibe über dem Zehrungssatze eine Schichte von Sägespänen anbringt, die einige Millimeter Höhe besitzt; nach dem Abbrennen der Zehrung fallen diese aus der Hülse und gestatten den freien Ausstoß des Satzes.

Digitized by Google

Die Leuchtkugel=Raketen.

Bei den Leuchtkugel=Raketen erfolgt die Füllung des Hutes und der Kammer auf die Weiſe, daß man in das Innere derſelben Pulvermehl ſchüttet, ſodann Leuchtkugeln einlegt, welche ſoeben ſtark mit dünner Anfeuerung beſtrichen wurden; auf dieſe Lage Kugeln ſchüttet man wieder ſo viel Pulvermehl, daß die Kugeln ganz davon bedeckt ſind, legt wieder Leuchtkugeln auf und fährt damit fort bis die Kammer ganz gefüllt iſt. Auf die letzte Kugelſchichte kommt wieder eine Pulvermehlſchichte und wird die Kammer, ohne daß die Rakete eine Schlagſcheibe erhält, ſo mit der Rakete vereinigt, daß ſich der Zehrungsſatz und die Ladung der Kammer unmittelbar berühren. Beim Abbrennen des Zehrungsſatzes beginnt die Rakete Leuchtkugeln fallen zu laſſen, indeß die ganze Rakete durch den nach oben wirkenden Rückſtoß des verbrennenden Pulvermehles noch etwas gehoben wird, und ſich daher nicht früher neigt, als bis die letzten Leuchtkugeln aus der Hülſe gefallen ſind.

Die Fallſchirmraketen.

Den ſchönſten Effect unter allen montirten Raketen geben unſtreitig die Fallſchirmraketen; nach dem Abbrennen entwickeln ſie Sternlichter von beliebigen Farben, welche aber nicht raſch ſinken, ſondern den Eindruck hervorbringen, als ob ſie an einem und demſelben Orte feſtſtehen würden.

Zur Ausführung dieſes pyrotechniſchen Objectes bedarf man verſchiedener Objecte; als erſtes eine kräftige große Rakete, welche auf gewöhnliche Weiſe geladen wird, und auch in der Kammer einen oder mehrere Schläge enthalten kann. Rechts und links an der Rakete bringt man je einen Fallſchirm an. Die Fallſchirme verfertigt man auf die

Digitized by Google

Weise, daß man sich aus Seidenpapier kreisrunde Scheiben von 30 bis 40 Cm. Durchmesser schneidet und an den Rand dieser Scheiben 6 oder 8 Fäden von 30 bis 40 Cm. Länge befestigt, die in einem Punkte zusammen geknüpft sind. Im Mittelpunkte dieser Scheiben ist ein Faden befestigt, welcher aus Schießbaumwolle gefertigt ist und eine solche Länge besitzt, daß der zusammengefaltete Fallschirm möglichst hoch an der Raketenhülse aufgehängt ist. Dieser Faden geht durch die Wandung der Kammer in das Innere derselben und ist entweder um die Stoppine des Schlages gewickelt, oder liegt auf der Zehrung derart auf, daß er beim Abbrennen des Satzes sicher entzündet wird. Der geschlossen an der Hülse hängende Fallschirm hat die Form eines geschlossenen Regenschirmes ohne Stab. Um das etwaige Brennendwerden des Fallschirmes durch umhergeschleuderte Funken der Rakete zu verhindern, tränkt man das Papier und die daran befestigten Fäden mit Alaunlösung. An den zusammenlaufenden Fäden des Fallschirmes hängt eine leichte Hülse, welche mit einem Leuchtkugelsatze gefüllt ist. Der vorerwähnte Faden aus Schießwolle geht durch die Mitte des Fallschirmes bis zur Stoppine der Leuchtkugelhülse herab.

Beim Abbrennen einer derartig montirten Rakete geht nun folgendes vor sich: Die Rakete steigt wie jede andere in kurzer Zeit rasch empor und treibt die angehängten Fallschirme und Leuchtkugelhülsen mit sich in die Höhe. In dem Augenblicke, in welchem die Zehrung, oder wenn ein Schlag vorhanden, dieser abbrennt, entzündet sich auch der Schießwollfaden, an welchem der Fallschirm hängt und wird hierdurch die Verbindung zwischen der Hülse und dem Fallschirme aufgehoben; erstere fällt herab, letzterer aber breitet sich aus, und nimmt die Gestalt eines geöffneten Regenschirmes an.

Digitized by Google

Der Schießwollfaden, mit welchem der Fallschirm an der Raketenhülse befestigt war, läuft aber, wie erwähnt, bis zur Stoppine der an dem Fallschirm hängenden Leuchtkugelhülse herab und setzt den in letzterer enthaltenen Satz in Brand. Durch den Luftwiderstand, welchen die ausgebreitete Papierfläche des Fallschirmes erfährt, fällt letzterer nicht, sondern sinkt langsam herab, die angehängte Leuchtkugelhülse läßt aber während dieser Zeit eine Leuchtkugel nach der andern fallen und bringt hierdurch einen sehr schönen Effect hervor.

Es ist begreiflich, daß dieses schöne Feuerwerksstück besondere Sorgfalt in Bezug auf seine Anfertigung erheischt, indem man vorzüglich darauf zu achten hat, daß der Schießwollfaden sicher entzündet werde, und seinerseits die Entzündung des Leuchtkugelsatzes bewirke. Trotzdem kommt es nicht selten vor, daß das Object mißlingt, was seine Ursache darin hat, daß sich der Fallschirm nicht öffnet. Wenn man die Vorsicht gebraucht, die Papierscheibe, aus welcher der Fallschirm gemacht wird, auf die Weise zu falten, wie einen Fächer, so erfolgt das Oeffnen des Fallschirmes fast immer. Am sichersten gelingt der Effect mit diesen Raketen bei völliger Windstille; schon bei mäßigem Winde neigt sich der Fallschirm zur Seite; wenn nur der Zündfaden gut angebracht ist, so entwickeln sich auch die Leuchtkugeln, nur erscheinen dann die einzelnen Sterne nicht als ruhig schwebende, sondern als fallende Körper.

Kometen-Raketen.

Diese Art von Raketen hat die Eigenschaft, im Momente des Verlöschens eine Anzahl von Feuerstreifen zu entwickeln und dadurch den Eindruck eines Kometen hervorzubringen. Wir fertigen sie auf folgende Weise: Der Raketenstab wird

Digitized by Google

wiederholt mit dicker Anfeuerung bestrichen, so daß er ganz von einer einige Millimeter dicken Schichte derselben umgeben ist. In den Kopf der Rakete werden 8 bis 12 Löcher gebohrt, und durch diese Zündschnüre gezogen, welche in dünnes Papier gehüllt und in dem Kopfe zu einem Knoten verbunden sind, welcher so angebracht ist, daß er von dem abbrennenden Zehrungssatze sicher entzündet wird.

Diese Fäden können eine beliebige Länge haben und hängen an der zum Abbrennen aufgestellten Rakete frei herab. Wenn sie von der Flamme ergriffen werden, was in dem Augenblicke geschehen soll, in welchem die Rakete selbst verlischt, bilden sie leuchtende Feuerstreifen in der Luft; der mit Anfeuerung bestrichene Raketenstab brennt selbst während des Aufsteigens ab, und verstärkt den von der Rakete gebildeten Feuerstreifen.

Man kann die Wirkung der Kometen-Raketen noch dadurch erhöhen, daß man am Ende einer jeden Zündschnur eine verschiedenfarbige Leuchtkugel oder einen kleinen Schlag anbringt. Die Erscheinung endet dann mit der Entwickelung verschiedenfarbiger Sterne oder mit einer Anzahl von Explosionen.

Wurfraketen.

Diese Raketen dienen nicht zu Lustfeuerwerken, sondern zu ernsten Zwecken, nämlich dazu, um nach einem Orte, mit welchem man auf keine andere Weise in Verbindung treten kann, einen Gegenstand hinzuwerfen. Besonders bedient man sich ihrer, um gestrandeten Schiffen eine Leine zuzuwerfen an welcher ein Tau nachgezogen werden kann. Sie sind nach Art der gewöhnlichen Raketen gefertigt, aber von bedeutend größeren Dimensionen. Man hat Wurfraketen, deren Durchmesser 7 bis 8 Cm. und deren Länge 70 bis 90 Cm. beträgt.

Digitized by Google

Die Hülse solcher Raketen ist meistens aus Blech gefertigt und an derselben eine Leine befestigt. Zum Abbrennen werden diese Raketen nicht vertical gestellt, sondern auf ein passendes Gestell, eine Raketen-Lafette, in schiefer Richtung gelegt und wie ein Geschütz nach dem Zielpunkte gerichtet. Das Abbrennen erfolgt mittelst einer langen Zündschnur.

XXV.

Combinirte Raketen.

Durch Vereinigen von zwei oder mehreren Raketen zu einem gemeinsamen Objecte lassen sich einige sehr hübsche Effecte hervorbringen, von denen wir einige der wichtigsten hier angeben wollen.

Die Doppelraketen.

Um dieses pyrotechnische Object herzustellen, nimmt man zwei gleiche Raketen und befestigt sie an den beiden flachen Seiten eines gehobelten Raketenstabes auf die Weise, daß die oberen Enden der Raketen — die Kammern — einander berühren, die unteren aber nur sehr wenig von einander abstehen, die Raketen somit miteinander einen sehr spitzen Winkel bilden. — Damit das Object gerade emporsteige, ist es von Wichtigkeit, den Rakestenstab genau in der Halbirung des Winkels, den beide Raketen mit einander bilden, zu befestigen. — Die Raketen werden mit einander durch eine Zündschnur derart verbunden, daß sie in demselben Momente entzündet werden. Man darf dies nicht vernachlässigen, indem in dem Falle, in welchem die

Digitized by Google

Entzündung der einen Rakete früher erfolgt, das Gleichgewicht des ganzen gestört ist, und die Rakete nicht in lothrechter, sondern in schiefer Richtung aufsteigt.

Die Doppelraketen geben einen doppelten Feuerstrahl und kann man auf die Weise auch 3—4 und eine noch größere Anzahl von Raketen mit einander verbinden. — Hat man mehrere Raketen, so kann man dieselben sogar auf die Weise combiniren, daß man allen zusammen eine gemeinschaftliche Kammer giebt, die dann auch der Anzahl der Raketen entsprechend, groß gemacht und mit verschiedenen Feuerwerkskörpern gefüllt werden kann. — Auf die richtige Gleichgewichtslage und auf die gleichzeitige Entzündung aller Raketen ist die größte Sorgfalt zu verwenden; geschieht dies nicht, so kann es vorkommen, daß ein derartiges kostspieliges Object, dessen Anfertigung außerdem noch viel Mühe kostet, gänzlich mißlingt, und anstatt empor zu steigen, in einer schiefen Bahn dahinfährt.

Drehraketen.

Diese Art von Raketen, die man auch mit dem Namen Hermesstab bezeichnet, werden auf die Weise angefertigt, daß man zwei Raketen derart an einem Raketenstabe befestigt, daß jede Rakete an dem Stabe geneigt steht, und mit der andern sich kreuzt; an die Kreuzungsstelle sind die beiden Raketen festgebunden. Der Stab, welcher beide Raketen trägt, ist mit Anfeuerung sehr dick überzogen, und ragt einige Decimeter über die Spitzen der Raketen hinaus.

Das ganz Eigenthümliche dieser Raketen besteht darin, daß sie unten nicht offen, sondern durch eine starke Pappscheibe, welche mittelst Leim eingepaßt, soweit geschlossen sind, daß nur eine enge Oeffnung bleibt. Jede Rakete hat aber eine seitliche Oeffnung. Beim Anzünden strömen die

Digitized by Google

Gase wie gewöhnlich durch die untere Oeffnung aus und heben die Rakete durch Reactionswirkung; sie entweichen aber auch durch die Seitenöffnung und bringen die ganze Combination durch die rückwirkende Kraft in Drehung. — Der auffsteigende Feuerwerkskörper bringt die Wirkung eines feurigen Stabes (der brennende Raketenstab) hervor, um den sich zwei andere Feuerlinien in Schraubenform (die seitlich hervorbrechenden Flammen der Raketen) drehen.

Sprengraketen.

Wir haben den Versuch gemacht, solche Raketen herzustellen, welche selbst wieder andere Raketen in die Luft erheben und in dem Augenblicke zum Steigen bringen, in dem sie selbst erlöschen. In Folge der besonderen Bestimmung, welche diese Raketen haben, müssen sie auch eine ganz besondere Einrichtung erhalten. Der Hauptsache nach bestehen sie aus zwei verschiedenen großen Raketen, die über einander gesetzt sind, und bei welchen die tiefer stehende die größere oder Sprengrakete ist.

Die Sprengrakete ist auf gewöhnliche Weise gefertigt, nur mit dem Unterschiede, daß auf dem Zehrungssatz etwas gewöhnliches Schießpulver aufgeschüttet ist, auf welches unmittelbar die zweite Rakete aufgesetzt wird. Die Zehrung der Sprengrakete selbst muß eine der Länge der Rakete nach hingehende Oeffnung haben, welche dazu dient, den Stab der kleineren Rakete aufzunehmen, der in diesem Falle die Längsachse derselben bildet.

Beim Losbrennen dieses Objectes hebt die erste, die Sprengrakete, die auf sie gesetzte zweite Rakete so in die Höhe, als wenn diese die Kammer wäre; sobald sie abgebrannt ist, gelangt das Pulver, welches über dem Zehrungssatze liegt, zur Explosion und trennt die beiden nur locker

Digitized by Google

verbundenen Raketenhülsen von einander; die leergebrannte Sprengrakete fällt, die zweite steigt durch die Wurfkraft des Pulvers und durch die eigene Steigkraft noch weiter in die Höhe.

Da diese Art von Raketen-Combination bedeutend höher steigt als die kräftigste einfache Rakete, so dürfte sie besonders dazu geeignet sein, auf sehr weite Entfernungen Feuersignale zu übermitteln.

Raketen mit Sternenregen.

Diese Art von Raketen ist eigentlich nichts anderes als eine Verbindung einer gewöhnlichen Rakete mit einer mit Sternensatz gefüllten Hülse. Man verfertigt dieses Object auf die Art, daß man die Rakete nach oben zu ganz abschließt und auf der Fläche, welche den Deckel der Rakete bildet, etwa sechs kleine Hülsen, die mit Sternen oder kleinen Leuchtkugeln gefüllt sind, so anbringt, daß sich die geschlossenen Enden der Hülsen im Mittelpunkte dieser Fläche berühren, die Brander-Enden aber nach außen gerichtet sind.

Die Stoppinen dieser Hülsen sind alle mit einander durch eine Leitfeuerschnur verbunden, welche dann längs der Rakete hinabläuft, und mit jenem Brander, welcher die Entzündung des Raketensatzes bewirkt, vereinigt ist.

Beim Abbrennen der Rakete fängt die Leitschnur Feuer und theilt dieses im Moment den Leuchtfeuerhülsen mit, welche sofort beginnen, ihren Inhalt auszuwerfen. Man sieht bei diesem Objecte einen leuchtenden Feuerstreifen, von welchem im Bogen ein Sternen- oder Leuchtkugelregen herabfällt.

Digitized by Google

Fächerraketen.

Die Fächerraketen sind gewöhnliche Raketen, welche auf eigenthümliche Weise aufgestellt sind und beim Abbrennen in Fächerform auseinander fliegen.

Man stellt den Fächer auf die Weise dar, daß man sich ein Brett von halbkreisförmiger Form zuschneidet; der Halbmesser dieses Brettes kann 1 Dm. sein. In die gebogene, nach oben gerichtete Kante desselben macht man mittelst eines sogenannten Versenkeisens kleine Vertiefungen, und zwar so viele, als in dem Fächer Raketen enthalten sein sollen; diese Vertiefungen müssen in gleichen Abständen von einander angebracht werden.

Haben z. B. die Raketenstäbe eine Länge von 2 Metern, so bringt man in dieser Höhe über dem unteren ein bogenförmig geschnittenes Brett an, und befestigt an diesem je zwei Nägel auf die Weise, daß die Raketenstäbe, welche unten zugespitzt sind und in den Vertiefungen des unteren kleinen Brettes ruhen, von ihnen in entsprechender Lage gehalten werden. Wie aus dem Gesagten leicht zu ersehen ist, haben sämmtliche Raketen an diesem Gestelle wirklich die Form eines Fächers, dessen Mittelpunkt durch den Mittelpunkt des unteren kleinen Brettes bezeichnet wird.

Um alle Raketen in demselben Momente steigen zu machen, läßt man die Zündschnur jeder Rakete längs des Stabes bis nach unten laufen und schüttet unmittelbar vor dem Abbrennen des Fächers auf das Bodenbrett eine Lage eines sehr rasch abbrennenden Satzes, welcher angezündet alle Zündschnüre gleichzeitig in Brand setzt und ebenso das gleichzeitige Aufsteigen der Raketen bewirkt. Wenn man die Kammern der einzelnen Raketen, welche man zu einem Fächer zusammenstellt, mit Sternensatz ladet, so schließt das

Digitized by Google

prachtvolle Schauspiel des Fächers mit einem großartigen Sternenregen.

Der Fächer gehört mit zu den kostspieligsten pyrotechnischen Objecten, die es überhaupt giebt, da ein Fächer, wenn er seine Wirkung auf imposante Weise äußern soll, stets aus einer größeren Anzahl von Raketen bestehen muß. Wegen der Großartigkeit der Wirkung eignet sich auch der Fächer sehr gut als Schlußstück eines größeren Feuerwerkes.

Die Raketengarbe.

Unter allen Effecten, welche sich mittelst der Raketen erzielen lassen, ist jener der Raketengarbe unstreitig der wirkungsvollste. — Man verwendet zur Herstellung der Garbe ein Gestell, welches aus einem kreisförmigen Bodenbrett besteht, in welchem im Kreise so viele kleine Vertiefungen angebracht sind, als die Garbe Raketen erhalten soll. Im Mittelpunkte dieses Brettes erhebt sich eine Säule von etwa 1,5 Meter Höhe, welche oben ein größeres kreisrundes Brett trägt, in welches so viele Löcher gebohrt sind, als Raketen benützt werden. Durch diese Löcher steckt man die Raketenstäbe und setzt sie mit ihren unten zugespitzten Enden in die Vertiefungen der Bodenplatte, so daß die Raketen mit den Stäben einen Kegel darstellen, welcher mit der Spitze gegen den Boden gekehrt ist.

Die Zündschnüre der einzelnen Raketen laufen längs den Stäben bis zur Bodenplatte hinab, auf welche ein rasch abbrennender Satz geschüttet wird. Beim Abbrennen dieses Satzes, was durch eine längere Zündschnur zu geschehen hat, erheben sich alle Raketen gleichzeitig aus dem Gestelle und bilden in der Luft eine herrliche Feuergarbe. Macht man die Köpfe dieser Raketen durch Einfüllen von Sand etwas schwerer, so neigen die Raketen noch während

Digitized by Google

des Abbrennens etwas nach vorne über, wodurch die Garbe einen nach unten geneigten Bogen bildet.

Wir haben im Vorstehenden einige der Raketen-Combinationen beschrieben, welche häufiger vorkommen; durch entsprechende Verbindung zweier oder mehrerer Raketen zu einem Ganzen lassen sich noch mannigfaltige Effecte erzielen, welche sehr schöne Wirkungen geben, wie dies z. B. bei den sogenannten Wirbelraketen der Fall ist.

Die Wirbelraketen.

Diese bestehen aus einer starken genau vertical gestellten Rakete, die oben durch eine einfache Schlagscheibe geschlossen ist. Auf der Schlagscheibe sind in Kreuzesform vier Schwärmer festgebunden, die aber an beiden Enden zugeschnürt sind und an der Seite, aber ganz nahe dem vorderen Ende Löcher haben, in welche die Stoppinen gesteckt sind. Die Stoppinen laufen längs den Schwärmern hin und vereinigen sich zu einer einzigen, welche durch die Schlagscheibe bis zum Zehrungssatze geht. Das Festbinden des Schwärmerkreuzes an der Schlagscheibe geschieht mittelst Schießwollfäden, welche so gelegt werden, daß sie über die Stoppinen weg laufen und daher beim Abbrennen dieser auch ganz sicher selbst entzündet werden müssen.

Läßt man eine auf diese Weise zubereitete Rakete aufsteigen, so entzünden sich in dem Augenblicke, in welchem der Zehrungssatz abbrennt, die Stoppinen, der Schwärmer und die Schießwollfäden, mittelst welcher die letzteren auf der Rakete befestigt waren; die Raketenhülse fällt ab, das Schwärmerkreuz, aus welchem die Feuergase nur nach einer Richtung ausströmen können, geräth durch Reactionswirkung in Drehung und man sieht nach dem Verlöschen

Digitized by Google

der Rakete einen Feuerwirbel, der so lange andauert, bis die Schwärmer selbst ausgebrannt sind.

Der Vulkan.

Dieses Object, welches als großartiges Effectstück häufig am Schlusse eines Feuerwerkes abgebrannt wird, ist eine Combination aus Leuchtfeuersätzen und Raketen. Dasselbe ist kreisförmig — respective halbkreisförmig — angeordnet. Den Mittelpunkt des Kreises nimmt eine Raketengarbe ein, die so angeordnet wird, wie wir es beschrieben haben; vor derselben stehen einige schwach nach außen geneigte Bombenröhren, um welche einige größere Hülsen gestellt sind, die abwechselnd einen heftig brennenden weißen oder beliebig farbigen Leuchtsatz enthalten. Der äußerste Kreis der ganzen Zusammenstellung wird durch eine größere Anzahl von Hülsen gebildet, welche abwechselnd mit Funken- und Sternensätzen geladen sind, zwischen denen man noch einige Leuchtkugelhülsen anbringt. Zur Vervollständigung des Effectes hält man auch noch eine Anzahl von Kanonenschlägen in Bereitschaft.

Da es bei diesem Objecte besonders darauf ankommt, die einzelnen Hülsen nach einander in richtiger Reihenfolge abzubrennen, so muß auf eine genaue Herstellung der Feuerleitung Bedacht genommen werden. — Man versieht zu dem Ende jede Gruppe von Hülsen mit einer eigenen Zündeitung und wählt nur solche Zündschnüre, welche mit einer Papierhülle versehen sind, um das vorzeitige Abbrennen zu verhindern.

Man beginnt damit, daß man die Hülsen, welche den Leuchtsatz enthalten, in Brand setzt; nachdem diese eine Weile gebrannt haben, entzündet man auch die Bombenröhren und nach diesen die mit Funken- und Sternensätzen geladenen

Digitized by Google

Röhren. Erst wenn alle diese Objecte in voller Thätigkeit sind, läßt man eine Anzahl Raketen auffsteigen. (Zu diesem Zwecke ist immer eine gewisse Anzahl von Raketen durch eine eigene Zündleitung verbunden.)

Der Effect dieser Zusammenstellung ist folgender: Die Leuchtsatzröhren mit ihrem blendenden Feuerschein bilden den Krater des Vulkans, aus welchem die Bombenröhren Leuchtkugeln in bedeutender Höhe schleudern, aus dem sich ein Funken- und Sternenregen ergießt, und aus welchem von Zeit zu Zeit hohe Feuerstrahlen unter starker Explosion (auffsteigende Raketen, mit denen zugleich Kanonenschläge losgebrannt werden) erheben. — Neigt sich das ganze Object seinem Ende zu, so läßt man unter gleichzeitiger Entzündung mehrerer Kanonenschläge die letzte und größte Raketengarbe auffliegen.

Als Schlußeffect eines großen Feuerwerkes kann die Darstellung eines Vulkanes wohl das Imposanteste genannt werden, was die Pyrotechnik überhaupt hervorzubringen vermag. — Will man auf dieses Object noch größere Kosten verwenden, so kann man dasselbe noch dadurch vervielfältigen, daß man dem ganzen auf einem passenden Gestelle, welches der Hauptsache nach eine kegelförmige Gestalt besitzt, eine entsprechende Anordnung giebt. Am Fuße dieses Gestelles werden die Leuchtfeuerhülsen ihren Platz finden, indeß auf den höheren Theilen desselben die Stern- und Leuchtkugelröhren angebracht sind, und zu oberst in horizontaler Lage eine große Anzahl von Funkenhülsen gestellt ist, welche dazu bestimmt sind, den herabfließenden Lavastrom darzustellen. Die Bombenröhren und die Raketengestelle können hinter diesem Baue auf dem Boden angebracht sein, da sich die von ihnen gelieferten Leuchteffecte ohnehin erst in bedeutender Höhe entwickeln.

Digitized by Google

XXVI.

Die wichtigsten Feuerwerksobjecte.

Wir haben schon in den vorstehenden Abschnitten dieses Werkes mehrfach Gelegenheit gehabt, verschiedene Feuerwerksobjecte etwas näher zu besprechen; und haben bei denselben angedeutet, auf welche Art sich die Effecte combiniren und erhöhen lassen.

Die Fortschritte der Pyrotechnik haben uns aber mit einer Reihe von Feuerwerksobjecten bekannt gemacht, welche auf einer besonderen Vereinigung mehrerer Feuerwerksobjecte zu einem Ganzen, einem Feuerwerksobject im weiteren Sinne beruhen und durch die jene schönen Lichtwirkungen hervorgebracht werden, welche ein Feuerwerk zu einem interessanten Schauspiele gestalten.

Im engeren Sinne ist jede geladene Hülse ein Feuerwerksobject; eine Anzahl derselben in entsprechender Zusammenstellung bildet jene combinirten Objecte, welche von den Pyrotechnikern als Sterne, Feuerräder, Sonnen, Pastillen, Mosaiken u. s. w. bezeichnet werden.

Je nachdem ein ganzes Feuerwerk auf Gerüsten angeordnet ist und auf diesen abgebrannt wird, oder auf dem Wasser schwimmend entzündet wird, unterscheidet man solche Objecte, welche man als Luft- und Wasserfeuerwerk bezeichnet.

Der Hauptsache nach ist zwischen beiden kein Unterschied — die für Wasserfeuerwerk bestimmten Objecte unterscheiden sich von den Luftobjecten nur durch gewisse Nebenvorrichtungen, welche ermöglichen, daß sie auf dem

Digitized by Google

Wasser schwimmen können. Der besseren Uebersicht wegen wollen wir jedoch die gesammten combinirten Feuerwerksobjecte in solche trennen, welche ihre Wirkung in der Luft thun, und in solche, welche in Wasser verwendet werden.

A. Luftfeuerwerke.

Zu den Luftfeuerwerken können wir rechnen die Wasserfälle, die Blumenkörbe, Sterne, Mosaiken, die Sonnen, Pastillen und die Spiralen, an welche sich die architektonischen Feuerwerke anreihen.

Alle genannten Objecte sind solche, welche in die Gruppe der Leuchtfeuer zu zählen sind, da sie den Ort an welchem sie entzündet werden, nicht verlassen: einige derselben sind absolut stabil, indeß andere sich beim Abbrennen um einen gewissen Punkt drehen.

An diese Feuerwerkskörper reihen sich die Schwärmermörser, die archimedischen Schraubenraketen und die an einer Leitung hinlaufenden Raketen — die sogenannten Schnurfeuer an, welche sich beim Abbrennen durch eigene Kraft fortbewegen.

Die Wasserfälle.

Dieses schöne Feuerwerksobject wird auf die Weise hergestellt, daß man gewöhnliche Flammensätze, oder auch Funken- und Brillantsätze an einem Gestelle auf passende Weise anbringt und durch eine entsprechende Zündleitung gleichzeitig entzündet. Man verfertigt sich zu diesem Behufe aus Latten ein Gestell, welches sich nach oben zu verschmälert und an welchem so viele Querlatten in horizontaler Lage angebracht sind, als man Lagen von Hülsen anzubringen gedenkt. Die Größe dieses Gestelles und die Zahl der Hülsen, welche man anwenden will, richtet sich ganz nach der Größe,

Digitized by Google

welche man dem Objecte überhaupt geben will. Soll dasselbe als Schlußstück eines großen Feuerwerkes dienen, so darf man nicht zu sehr sparen, indem der Schlußeffect offenbar der glänzendste sein soll.

Wir wollen an einem Beispiele die Größe eines derartigen Objectes erläutern. Es sei z. B. das Gestell unten 4 Meter, oben aber 2 Meter breit und habe eine Höhe von 6 Metern; an demselben seien 4 Querlatten angebracht. Die oberste derselben steht 6 Meter über dem Boden, die nächstfolgende ist um 50 Cm. tiefer angebracht, so daß die tiefststehende noch 3,5 Meter über dem Boden steht.

An der obersten Latte sind 12 ziemlich starke Funkensatzhülsen in horizontaler Lage angebracht, stehen aber etwas nach auswärts gerichtet, damit der Wasserfall an Breite gewinne. Zwischen je zwei solcher Hülsen kann man eine anbringen, welche mit einem passenden Brillant- oder Sternensatz geladen ist, wodurch der einfarbige Strahl schön variirt wird. Von noch größerer Wirkung wird das ganze Object, wenn man die Hülsen nicht mit einem und demselben Satz ausschlägt, sondern zur Füllung derselben verschiedene mehrfarbige Sätze anwendet. Wenn man dies aber thut, so muß man beim Laden der Hülsen genau darauf Acht haben, daß alle Hülsen, die zu diesem Stücke gehören, auch mit den gleichen Quantitäten desselben Satzes geladen werden, Nur wenn dies der Fall ist, ändert der ganze Wasserfall mit einem Schlage seine Farbe um.

Auf der zweiten Latte, welche um 50 Cm. tiefer steht als die oberste, sind ebenfalls 12 Hülsen angebracht, welche auf die gleiche Weise angeordnet sind und nach außen gerichtet werden. Auf den beiden tiefer stehenden Latten kann man je 8 Hülsen anbringen. Wenn man mit den farbigen Sätzen sparen will, so kann man das ganze Stück so

einrichten, daß nur auf der obersten Latte solche Hülsen liegen, welche mit Farbensätzen geladen sind, während die unteren Latten mit Hülsen belegt sind, welche nur einfaches Weißfeuer geben. Nimmt man für diese oberste Lage noch um einige Hülsen mehr, so nimmt auch der ganze Wasserfall die schöne Färbung der oben liegenden Hülsen an, da sich das herabfallende farbige Licht sehr schön von dem weißem Lichte abhebt.

Man wählt beim Wasserfalle die nach oben zu verschmälerte Form des Gestelles, weil die Hauptwirkung des ganzen Stückes thatsächlich von den obersten Hülsen abhängt. Wenn diese einen dichten und reichlichen Funkenregen auswerfen, so können unten weit spärlichere Feuermassen vorhanden sein, ohne daß der Wirkung des ganzen hierdurch Eintrag gethan wird; im Gegentheile nähert sich der Eindruck dieses Objectes vielmehr dem eines wirklichen Wasserfalles, wenn man die Anordnung so trifft, wie es vorangegeben wurde, da ja bekanntlich bei einem Wasserfalle die oberen Partien die hellsten sind, während ihr Fuß in Schaummassen gehüllt ist.

Die Entzündung geschieht auf die Weise, daß man einmal alle in einer Horizontalreihe neben einander liegenden Hülsen durch eine Zündschnur vereinigt und von den äußersten Hülsen diese Schnur etwas vorstehen läßt. Mit diesen Schnurenden sind zwei Schnüre verbunden, welche alle vier Hülsenreihen zu einem Ganzen vereinigen; zur größeren Sicherheit kann man auch eine solche Zündschnur in der Mitte des Gestelles so aufsteigen lassen, daß je 6 Hülsen links und je 6 rechts davon liegen.

Bei dieser Anordnung wird jede Hülsenreihe gleichzeitig von vier Punkten aus entzündet und erfolgt die Entzündung aller Hülsen wirklich in ein und demselben

Digitized by Google

Augenblicke. Im Falle man das Stück außergewöhnlich groß machen und etwas ganz Imposantes herstellen will, sind sehr viele Hülsen nothwendig und die Anwendung von mehreren aufsteigenden Verbindungsfäden nothwendig.

Um dem Wasserfalle eine längere Dauer zu geben, muß man Hülsen von größtem Kaliber anwenden. Manche Pyrotechniker ziehen es jedoch vor, mit Hülsen von kleinerem Kaliber zu arbeiten, indem diese keine so starken Hülsen zu haben brauchen. Will man bei Anwendung derartiger Hülsen dennoch einen langandauernden Wasserfall herstellen, so richtet man das ganze Stück so ein, daß auf jeder Latte die doppelte Anzahl von Hülsen zu liegen kommt, welche aber in zwei Gruppen getrennt sind und jede für sich eine besondere Zündleitung erhalten.

Man verbindet zu diesem Zwecke alle Hülsen mit ungeraden Zahlen, somit 1, 3, 5, 7, 9 und 11 mit einander durch eine Zündleitung, die Hülsen 2, 4, 6, 8, 10 und 12 durch eine zweite. Es könnte aber beim Abbrennen der ersten Serie von Hülsen sehr leicht der Fall eintreten, daß die zweite Reihe derselben von dem Feuer ergriffen würde, ehe dies geschehen sollte. Um dem vorzubeugen, nimmt man für diese zweite Reihe nur solche Zündschnüre, welche mit Papier überklebt sind und schützt noch die Branderöffnung der Hülsen durch Umwickeln mit Papier vor dem Brennendwerden durch herabfallende Funken.

Wenn man merkt, daß die erste Serie von Hülsen nahezu ausgebrannt ist, setzt man die Zündschnüre der zweiten in Brand und verlängert hierdurch den Effect auf die doppelte Zeitdauer. Wollte man das Stück noch längere Zeit hindurch spielen lassen, so müßte man eine dritte Hülsenreihe anbringen u. s. w.

Digitized by Google

Von besonders schöner Wirkung gestaltet sich der Wasserfall, wenn man über der obersten Hülsenreihe noch einige anbringt, welche fortwährend ziemlich große Sterne von verschiedenen Farben auswerfen. Wenn man zu beiden Seiten des Gestelles, auf welchem die Hülsen des eigentlichen Wasserfalles befestigt sind, eine Anzahl von Funkenhülsen anbringt, welche ihre Feuer gegen einander auswerfen, so entsteht hierdurch der Eindruck, als wenn zwei Wasserfälle sich einem einzigen vereinigen würden u. s. w.

Wir haben einige Umstände, durch welche sich der Effect des einen oder andern Feuerwerksobjectes erhöhen läßt, hier, und auch schon an vorher beschriebenen Objecten etwas näher erörtert, um zu zeigen, welche außerordentliche Mannigfaltigkeit sich in ein Feuerwerk bringen läßt. Es kann selbstverständlich nicht im Bereiche dieses Buches liegen, alle nur überhaupt möglichen Zusammenstellungen ausführlich zu beschreiben; der denkende Pyrotechniker wird selbst neue aussinnen. — Daß dieses unter strenger Beachtung der Gesetze der Farbenlehre geschehen muß, versteht sich von selbst; der gute Geschmack ist es, welcher bei einem Kunstwerke vieles thut; ein schön angeordnetes Feuerwerk ist aber in der That ein Kunstwerk, welches darauf berechnet ist, im Auge angenehme Farbenerscheinungen hervorzurufen.

Die Palmen.

Dieses Object soll jenen Gegenstand darstellen, dessen Namen es trägt, und wird dieser Effect nur dadurch erreicht, daß man durch Anwendung eines passenden Gestelles die Wirkung von Feuersätzen zu unterstützen trachtet. Bekanntlich haben die Palmen einen solchen Wuchs, daß am oberen Ende eines säulenförmig aufsteigenden Stammes eine große Blätterkrone hervortritt.

Digitized by Google

Man muß sich daher ein passendes Gestell für dieses Object verfertigen. — Das Gestell besteht aus einer starken vertical stehenden Latte, an welcher oben einige Latten so angebracht sind, daß sich immer je zwei einander gegenüber stehen und schief nach aufwärts ragen. An diese Latten wird in der Richtung derselben eine entsprechende Anzahl von Hülsen mit Farbensätzen angebracht; um den Stamm zu markiren, bringt man zu beiden Seiten der vertical stehenden Latte in gewissen Abständen Hülsen an. — Die Zündung erfolgt durch mehrere Leitungen, die auf ähnliche Weise die Entflammung aller Hülsen in einem Augenblicke bewirken, wie dies beim Wasserfalle angegeben wurde.

Als der geeignetste Satz für die Hülsen, welche zur Darstellung des Palmbaumes dienen, läßt sich ein grünbrennender verwenden, da derselbe die natürliche Farbe der Blätter nachahmt, doch giebt dieses Stück auch sehr schöne Effecte, wenn man die Farbe desselben wechseln läßt.

Die Blumenkörbe.

Die Blumenkörbe, welche sehr anmuthige Effecte hervorbringen, werden auf die Weise hergestellt, daß man sich vorerst ein Lattengestell anfertigt, das die Form eines Blumenkorbes, einer Vase oder eines ähnlichen Gefäßes in den Umrissen wieder giebt, welche durch Anbringung entsprechender Hülsen deutlich sichtbar gemacht werden. (Wie dies geschieht, soll bei der Beschreibung der architektonischen Feuerwerke auseinander gesetzt werden.)

An der obersten Latte des Gestelles befestigt man eine Anzahl von Funken- oder Brillanthülsen, welche nach aufwärts und nqch außen gerichtet sind; diese Hülsen geben gleichsam die Umrisse des Blumenstraußes an, und können recht zweckmäßig mit einem grünen Satze geladen werden.

Digitized by Google

— Wenn man an verschiedenen Orten jenes Raumes, innerhalb welchen sich der Funkenregen dieser Hülsen ausbreiten wird, Hülsen anbringt, welche farbiges Feuer geben, so bilden diese gleichsam die Blumen, welche aus dem Grün des Blumenkorbes hervorragen. Noch schöner gestaltet sich der Effect, wenn man solche Hülsen wählt, welche Leuchtkugeln enthalten, wodurch die Wirkung entsteht, daß aus dem Blumenkorbe einzelne Blumen in die Höhe geschleudert werden.

Die Sterne.

Diese in der Pyrotechnik sehr häufig verwendeten Objecte können in zwei Abtheilungen gebracht werden, und zwar in Sterne, welche aus einer einzigen Hülse bestehen, und in solche, welche eine Combination aus einer gewissen Anzahl von Hülsen bilden.

1. Sterne aus einer einzigen Hülse.

Zur Anfertigung dieses Objectes verwenden wir Hülsen, welche nicht verengt sind, somit Cylinder darstellend. Die Erfahrung hat uns gelehrt, daß kurze Hülsen aber mit großem Durchmesser weit vollständiger und sicherer ausbrennen als dünne, aber lange Hülsen, da sich bei letzteren an den Brandöffnungen häufig eine so große Menge von Schlacke ansetzt, daß die Flamme an dieser Stelle sehr klein wird oder ganz verlischt. Da man zu diesen Objecten meistens Sätze nimmt, die nicht besonders rasch abbrennen, so kann man auch Hülsen nehmen, die keine sehr bedeutende Wanddicke haben.

Die Hülse wird an einem Ende mittelst eines Thonpfropfens, der fest geschlagen wird, geschlossen; zwei Drahtstifte, die an entgegengesetzten Seiten durch Löcher,

Digitized by Google

welche man mittelst eines Pfriemens in die Hülsenwand sticht, in die noch weiche Thonmasse gedrückt werden, schützen dieselbe vor dem Herausfallen. Die Hülse wird nach dem Verschluß an einem Ende nochmals auf einen Stab geschoben, der einen ihr gleichen Durchmesser besitzt und einige Decimeter unter der oberen Oeffnung rings um den Umfang mit so vielen Löchern versehen, als der Stern Strahlen haben soll, z. B. mit 3 bis 8 Löchern. Geht die Anzahl der Strahlen des Sternes über vier hinaus, so ist es dringend zu empfehlen, dickere Hülsen zu verwenden.

Die Löcher, welche in genau gleichen Abständen von einander sein müssen, werden am besten mittelst eines kleinen scharfgeschliffenen Ausschlageisens gemacht, welches Oeffnungen von etwa 2 Mm. im Durchmesser erzeugt. Man könnte diese Oeffnungen zwar auch durch Einstechen eines Pfriemens herstellen, was aber den Uebelstand nach sich zieht, daß der Rand des Loches nach innen aufgewulstet wird, dadurch beim Laden der Hülse ein Hinderniß bildet; die mit dem Ausschlageisen gemachten Löcher haben aber ganz glatte Ränder.

Das Laden der Hülsen erfolgt auf gewöhnliche Weise, entweder mit einem einfachen Feuersatze oder mit einem farbigen Satze. Man ladet die Hülse bis zu einer solchen Höhe, daß die letzte Partie des eingebrachten Satzes aus den Oeffnungen am Umfang der Hülse hervortritt. Auf den Satz kommt eine Lage Thon, die einige Millimeter dick ist und ein in Leim getauchter Korkstöpsel.

Man macht nun mittelst eines in starke Gummilösung getauchten Pinsels zwischen je zwei der mehrerwähnten Oeffnungen einen Strich, schüttet auf diesen Strich vermittelst einer Streusandbüchse Pulvermehl und bindet um diesen Pulverring, welcher nun um die ganze Hülse herumläuft

Digitized by Google

eine Zündschnur oder einen dicken Schießwollfaden, derart, daß der Inhalt der Hülse gleichzeitig an allen Oeffnungen in Brand gesetzt wird.

Bei dieser Anordnung ist es klar, daß die brennende Hülse den Effect eines Sternes hervorbringen muß, der so viele Strahlen besitzt, als Oeffnungen vorhanden sind. Damit die Strahlen des Sternes sich in gleichmäßigen Abständen von einander befinden, muß man beim Schlagen der Löcher darauf Rücksicht nehmen, dieselben genau in gleichen Abständen von einander anzubringen.

Da diese Art von Sternen meist gruppenweise zur Hervorbringung der sogenannten Mosaiken in Anwendung gebracht wird, so ist es wichtig, die Länge der aus ihnen hervorbrechenden Feuerstrahlen zu kennen. Je mehr seitliche Oeffnungen an der Hülse vorhanden sind, je länger dieselbe ist und ein je matterer Satz angewendet wird, desto kürzer sind die Strahlen.

2. Sterne aus mehreren Hülsen.

Wenn ein Stern als Feuerwerksobject für sich allein figuriren soll, so muß man jeden Feuerstrahl, welcher an dem Sterne vorkommt, aus einer besonderen Hülse brennen lassen. Man macht ein Gestell, welches aus einer Scheibe besteht, an der im Halbmesser gestellte Stäbe in solcher Anzahl befestigt sind, als Hülsen angebracht werden sollen. Diese Hülsen werden mit den Zündenden nach außen gestellt und durch eine Zündschnur mit einander verbunden.

Wenn die Hülsenzahl eine größere ist, so empfiehlt es sich, das Gestell des Sternes so anzufertigen, daß dasselbe aus zwei Reifen besteht; man setzt eine Anzahl von Hülsen an den äußeren Reifen, eine andere auf den inneren. In Folge dieser Anordnung entsteht beim Abbrennen der

Digitized by Google

Effect eines Sternes, welcher Strahlen von verschiedener Länge besitzt. Wenn man eine gewisse Anzahl von Hülsen mit einem farbigen Satze versieht, so kann man dadurch den Effect noch bedeutend steigern.

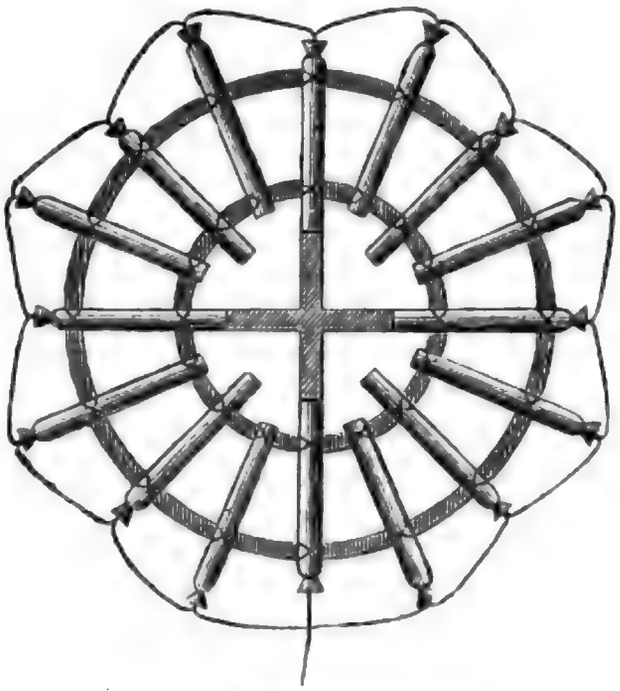
Die Glorien.

Durch entsprechende Anordnung vieler Hülsen, welche mit verschiedenfarbigem Feuer ausgeschlagen sind, an einem Gestelle, das die Form eines Vieleckes oder eines Sternes mit sehr verlängerten Strahlen besitzt, entstehen jene Effectstücke, die man mit dem Namen Glorien bezeichnet. Wenn man Sterne nimmt, bei welchen einige Strahlen eine mehrfache Länge von jenen der andern besitzen, so reicht der Feuerstrahl, den eine Hülse giebt, hierfür nicht aus. Man befestigt dann an diesem Strahle zwei oder drei

Fig. 16.

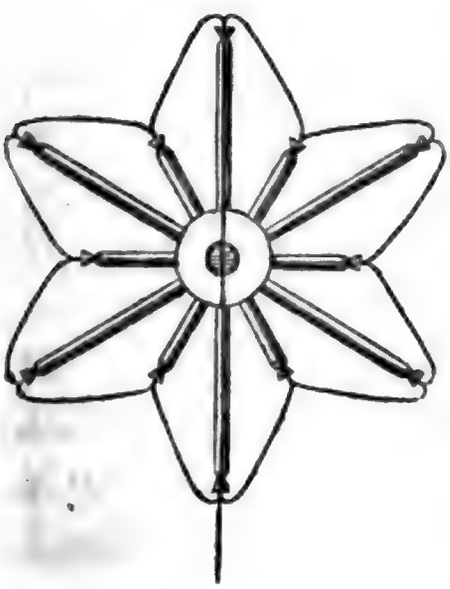
Einfacher Stern.

Fig. 17.



Strahlenstern.

Fig. 18.



Glorie.

Digitized by Google

Hülsen, welche über einander gestellt sind und beim Anzünden Feuerstrahlen geben, die einander decken. — Wir haben in den vorstehenden Abbildungen Fig. 16, 17 und 18 die Zeichnungen eines einfachen Sternes, eines Strahlensternes und einer Glorie zusammengestellt.

Die Verbindung der verschiedenen Hülsen durch die Zündfäden ist ebenfalls aus den Abbildungen ersichtlich.

Die Mosaiken.

Die Mosaiken sind ein Feuerwerksobject, welches aus einer großen Anzahl von Leuchtfeuerhülsen gebildet wird und zu dessen Verschönerung man auch Sterne, Glorien u. s. w. beifügen kann.

Für eine Mosaik-Darstellung, namentlich wenn dieselbe in einem etwas größeren Maße ausgeführt werden soll, erscheint es immer nothwendig, vorher eine Zeichnung auszuführen, welche die Form der Mosaik darstellt und an welcher man zugleich die Anzahl der nothwendigen Hülsen, sowie deren Verbindung durch die Zündschnüre markirt.

Es ist bekannt, welche außerordentlich große Zahl von geometrischen Figuren durch Verbindung von geraden Linien entsteht, die unter verschiedenen Winkeln geneigt sind. Damit die Feuerstrahlen aus den einzelnen Hülsen genau auf einander treffen und hierdurch die Umrisse der gewünschten Figur geben, ist es nothwendig, die einzelnen Hülsen genau in bestimmten Winkeln gegen einander zu neigen. Man kann sich die Lage, welche die Hülsen haben sollen, sehr leicht für alle Brettchen, auf welche die Hülsen kommen sollen, ausmitteln, indem man auf die Brettchen eine Blechschablone legt, welche einen Einschnitt besitzt, der genau den betreffenden Neigungswinkel angiebt, und längs den Kanten dieser Schablone die Winkelneigung mit

Digitized by Google

Bleiſtift markirt. Sollen die Sternhülſen ſo geſtellt werden, daß die Feuerſtrahlen Vierecke bilden, ſo iſt der Winkel 90 Grade, für dreieckige Figuren 120 Grade, für ſechseckige 60 Grade u. ſ. w.

Zur Herſtellung der Moſaik-Decoration befeſtigt man die Hülſen auf die erwähnten quadratiſchen Brettchen und in der erforderlichen Neigung gegeneinander und befeſtigt die Brettchen ſelbſt an vertical ſtehenden Latten genau nach den Angaben der Zeichnung. Der Abſtand, welchen man

Fig 19.

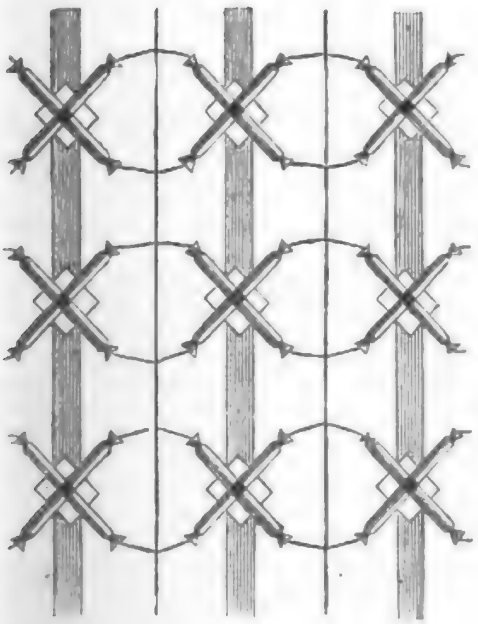
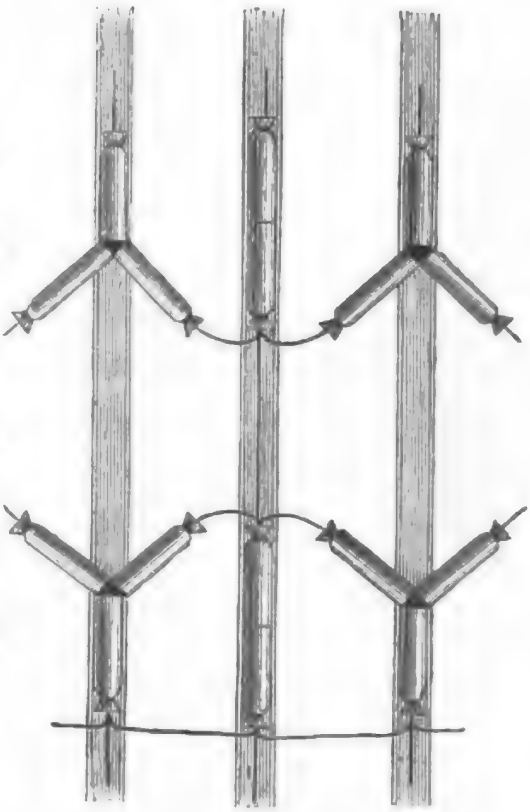


Fig. 20.



den einzelnen Latten giebt, hängt von der Länge der Feuerſtrahlen ab, welche man von den einzelnen Hülſen erhält; je länger dieſe ſind, deſto größer der Abſtand. Man ſoll ſich bei dieſer Art von Feuerwerk, welches ein mühevolles und koſtſpieliges Stück iſt, durch genaue Verſuche von der

Digitized by Google

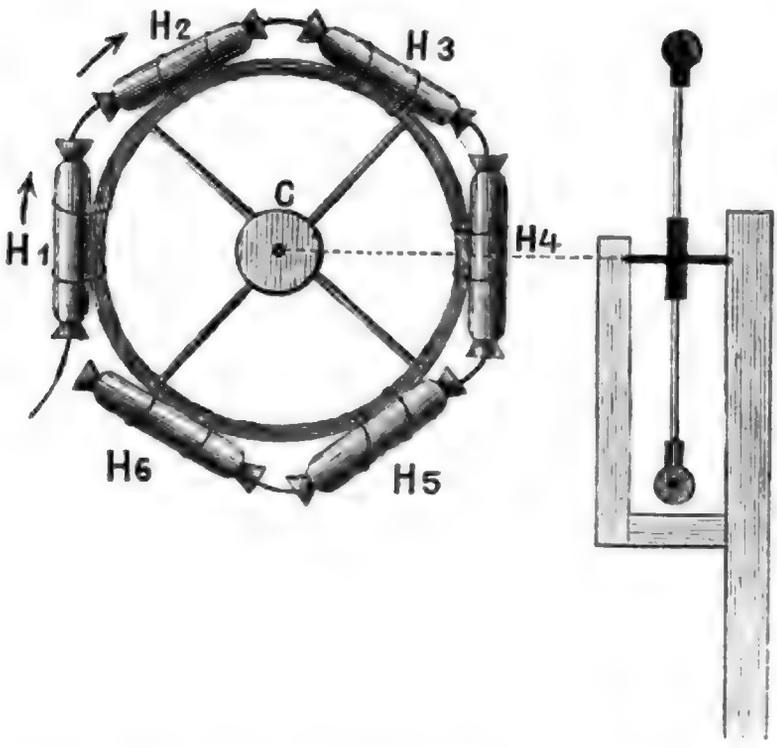
Flammenlänge jeder verwendeten Hülsengattung überzeugen, und die Latten gerade so weit auseinander stellen, daß sich die Spitzen der Flammen gerade berühren. In vorstehender Figur 19 geben wir die Anordnung einer Mosaik mit quadratischen Figuren, während Figur 20 eine aus sechsseitigen Figuren zusammengestellte Mosaik zeigt.

Gewöhnlich nimmt man die Mosaiken als hübsche Ausfüllungsstücke in eine größere Gruppe von Feuerwerksobjecten hinein; man verbindet sie meistens mit großen Sternen, Glorien oder Sonnen.

Die Sonnen.

Unter Sonnen versteht man in der Feuerwerkerei gewisse, gewöhnlich sehr hellleuchtende Objecte, welche sich mit großer Geschwindigkeit um ihre Axe drehen. Die Bewegung dieser Feuerwerke erfolgt, wie jene der Raketen, durch Rückstoß oder Reactionsbewegung.

Fig. 21.



Die nebenstehende Abbildung Fig. 21 versinnlicht das Princip der Sonnen und giebt gleichzeitig an, auf welche Weise die Hülsen mit einander verbunden sind. Das Gestell der Sonne besteht aus einer Centralscheibe C, an welcher mittelst einiger Speichen ein Reifen befestigt ist.

Digitized by Google

Am Umfange dieses Reifen sind die Hülsen H so gelegt, wie dies aus der Zeichnung ersichtlich ist. Man verwendet gewöhnlich sechs Hülsen. Die Hülsen sind eigenthümlich gearbeitet; es besitzt nämlich jede derselben eine doppelte Zündleitung, die in dem hinteren Ende der Hülse steckt und zu dem vorderen der nächsten Hülse geleitet wird. Diese Einrichtung ermöglicht es, daß sich das Feuer von der erst angezündeten Hülse nach dem Abbrennen zur nächsten fortpflanzt. Wenn wir die Hülse H_1 am vorderen Ende entzünden, so strömen die Feuergase bei der Oeffnung der Hülse rasch aus, der Druck der Gase bleibt aber auf die hintere Fläche der Hülse wirksam, während er auf der vorderen aufgehoben wird; die Hülse wird daher das Bestreben haben, sich in der Richtung des Pfeiles zu bewegen. Da sie aber an dem drehbaren Gestelle befestigt ist, so wird sie dieses in Umdrehung versetzen.

Nach dem Gesagten sollte man demnach nur eine Flamme sehen, welche sich im Kreise dreht; die Umdrehungsgeschwindigkeit der Sonne wird aber in kurzer Zeit eine sehr große; in Folge dessen vereinigen sich die sehr rasch auf einander folgenden Lichteindrücke zu einem einzigen und es erscheint uns die Sonne als feuriger Kreis. Damit die Sonne große Helligkeit besitzt, besetzt man die Centralscheibe mit grellleuchtenden Hülsen und bringt bei sehr großen Sonnen einige Kreise solcher Hülsen an.

Um der Sonne mehr Effect zu verleihen, wendet man Hülsen an, welche mit verschiedenfarbigem Feuer ausgeschlagen sind, das heißt so, daß bei Anwendung von sechs Hülsen die erste z. B. weißes Feuer, die zweite rothes Feuer u. s. w. giebt. Bei großen Sonnen genügt gewöhnlich eine einzige Hülse nicht, um die ganze Masse in Bewegung zu setzen; wir wenden in diesem Falle gewöhnlich

Digitized by Google

zwei Hülsenreihen an, die neben einander liegen und gleichzeitig abbrennen, indem uns die Erfahrung gelehrt hat, daß zwei engere Hülsen zusammen einen stärkeren Krafteffect geben, als eine einzige Hülse von großem Durchmesser. Die größte Kraftentwickelung der Hülsen ist zu Anfang des Brennens der Sätze nothwendig, indem in diesem Zeitpunkte nicht nur die Bewegung der Sonne beginnen soll, sondern auch das Beharrungsvermögen des ruhenden Körpers überwunden werden muß. Je größer bei sonst gleichem Gewichte der Durchmesser der Sonne gemacht wird, desto leichter kommt die ganze Vorrichtung in Drehung, indem bei einem größeren Abstande vom Mittelpunkt die rückwirkende Kraft stärker wirkt, da sie an dem Umfange des Reifens ähnlich wirkt, wie an einem Hebel.

Die Art und Weise, wie man die Sonne aufstellt, trägt auch viel dazu bei, ob sich dieselbe leicht und schnell umdreht oder nicht. Die gewöhnliche Art, die Sonne aufzustellen, ist die, daß man durch den Mittelpunkt der Centralscheibe ein Loch bohrt, welches genau senkrecht auf die Fläche dieser Scheibe steht, durch dieses Loch einen langen und entsprechend starken Drahtstift steckt, der in eine Latte eingeschlagen wird.

Man muß besonders darauf Acht haben, daß das Loch in der Centrumscheibe gerade nur so groß gemacht wird, als dies nothwendig ist, damit sich der Drahtstift ohne Schwierigkeit durchschieben lasse. Ist diese Oeffnung zu groß, so schwankt die Sonne bei der Drehung oder rutscht nach rückwärts, stößt hierbei an die Latte und bleibt stehen. Bei größeren Sonnen oder bei den Drehsternen und Feuerrädern, kurz bei allen Objecten, welche sich um einen bestimmten Punkt drehen müssen, soll man etwas mehr

Digitized by Google

Arbeit nicht scheuen, um die Drehung ruhig und gleichmäßig zu machen.

Wir haben in der Figur 21 gleichzeitig nebst der Sonne auch die Zeichnung der einfachen, aber vollkommen sicheren Drehvorrichtung angegeben, welche wir für größere Objecte verwenden. Die Axe, um welche sich die Sonne drehen soll, ist in der Centralscheibe stabil befestigt. Wir verwenden hierzu lange und starke Drahtstifte, welche senkrecht durch die Scheibe geschlagen werden, ohne daß man durch diese eher ein Loch bohrt. Man schlägt den Stift soweit durch, daß die Scheibe genau mitten auf demselben steht. In der Latte, an welcher die Sonne aufgestellt werden soll, ist eine Vertiefung von etwa 1 Cm. Tiefe angebracht, welche etwas größer ist, als der Durchmesser des Drahtstiftes und innen ganz glatt sein muß. Man stellt diese Vertiefung am einfachsten durch Einbrennen mittelst eines glühenden Drahtstiftes dar. An der Latte ist ein Stück Holz befestigt, welches fast so lang sein muß, als der Drahtstift, welcher der Sonne als Axe dient, und an diesem Stifte ist endlich ein Stab befestigt, welcher in paralleler Stellung mit der Latte so hoch emporragt, daß er etwas über den Mittelpunkt der Sonne hinaufreicht. In diesen Stab ist eine Vertiefung gebrannt, welche zur Aufnahme des einen Endes des Drahtstiftes dient.

Wenn man die Sonne in das Gestell einfügen will, so feilt man die beiden Enden des Drahtstiftes kegelförmig zu, zieht den Stab etwas zurück, steckt das eine Ende des Drahtstiftes in die Vertiefung der Latte und das andere in die Vertiefung des Stabes. Die Axe der Sonne hat auf diese Weise ein doppeltes Auflager erhalten, das Lager ist einem sogenannten Körnerlager sehr ähnlich und kann sich nun leicht und ohne verschoben werden zu können, drehen.

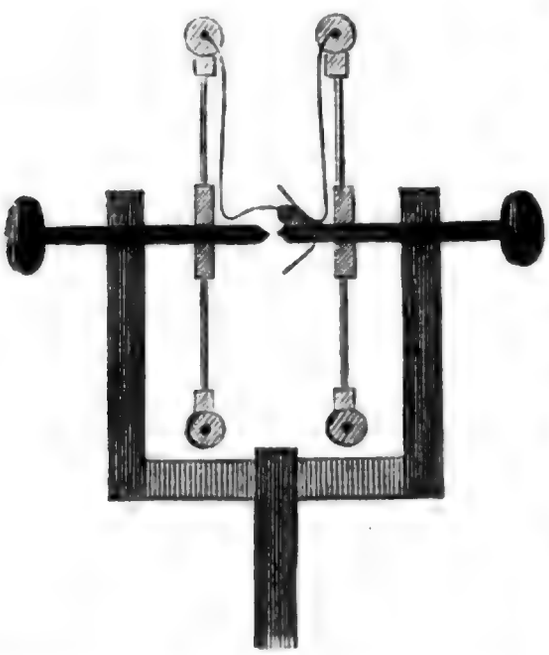
Digitized by Google

Um die Sonne gleich vom Anfange an drehen zu machen, kann man an die Axe derselben einen Faden in mehreren Windungen fest aufrollen; in dem Augenblicke, in welchem man die Zündschnur in Brand setzt, zieht man diesen Faden ab und leitet hierdurch die Drehung der Sonne ein. Es versteht sich von selbst, daß man den Faden so aufzuwickeln hat, daß er die Sonne in dem Sinne dreht, in welchem sie durch die rückwirkende Kraft gedreht werden wird.

Einen besonders schönen Effect erzielt man, wenn man mehrere Sonnen mit einander combinirt. Man stellt drei bis vier Sonnen derart hinter einander auf, daß ihre Axen eine gerade Linie bilden; die vorderste Sonne hat den geringsten Durchmesser, die hinterste den größten.

Um die Zündung der zweiten Sonne zu bewirken, wenn die erste nahezu ausgebrannt ist, bringt man folgende Einrichtung an: Man bohrt in die letztabbrennende Hülse der ersten Sonne am unteren Drittel ein Loch, setzt in dieses eine mit Papier überklebte Zündschnur ein und läßt diese gegen die Axe zu laufen, wo sie sich umbiegt und ganz nahe an einem hohlen Papierkegel vorbeiläuft, der an der Axe der zweiten Sonne aufgestellt ist. Dieser Papierkegel ist innen mit Anfeuerung bestrichen und mit Pulvermehl bestreut. Die Zündschnur trägt am unteren Ende einen Knopf, der aus dicker Anfeuerung gefertigt wurde. Figur 22 zeigt diesen Kegel und die Zündschnur, welche an

Fig. 22.



Digitized by Google

ihn hinläuft. In die Spitze dieses Kegels ist die Zündschnur der zweiten Sonne eingesetzt. Die Zündschnüre der zweiten und aller folgenden Sonnen müssen mit Papier umhüllt sein, um vorzeitiges Abbrennen durch darauf fallende Funken zu verhüten.

Wenn die letzte Hülse der ersten Sonne bis zum letzten Drittel ausgebrannt ist, so fängt die an dieser Stelle eingesetzte Zündschnur Feuer, der an ihrem Ende befestigte Knopf aus Zündmasse verbrennt und überträgt das Feuer auf die Anfeuerung, mit welcher der Papierkegel innen bestrichen ist. Von diesem pflanzt sich das Feuer zu der Zündschnur der zweiten Sonne fort, welche sich sofort zu drehen beginnt und in vollem Gange ist, wenn die erste erlischt.

Wie man aus der Zeichnung entnimmt, können in diesem Falle die Axen der Sonnen nicht zwei Auflager haben, sondern wird jede Sonne durch ein knopfförmiges Gegengewicht balancirt.

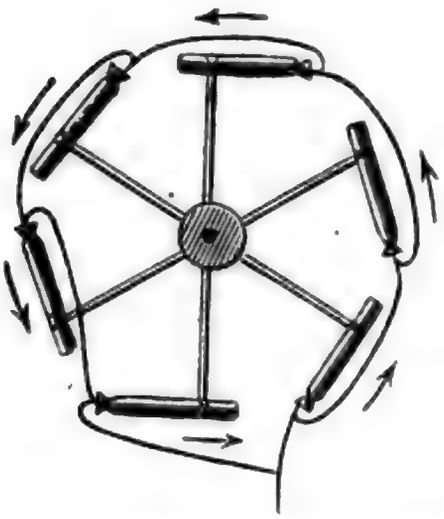
Durch die fortwährende Uebertragung des Feuers auf immer größere Sonnen tritt der Effect ein, daß die Sonne immer größer zu werden scheint. Bei einer gewissen Größe der Sonne würde aber die Innenfläche derselben zu wenig Licht haben und nur ein feuriger Kreis zu sehen sein; man bringt daher am Umfang des Reifens der Sonnen einige Hülsen an, die mit ihren Bränden gegen den Mittelpunkt der Sonnen gerichtet sind und ein helles Weißfeuer enthalten. Die letzte Sonne kann zur Erhöhung des Effectes am Umfange kleine Hülsen erhalten, welche mit den Bränden nach außen gerichtet sind und einen hell leuchtenden Funkensatz enthalten. Es erscheint dann die Sonnenscheibe noch von einem großen Funkenkranz umgeben.

Digitized by Google

Die Drehsterne.

Die Einrichtung der Drehsterne wird aus Figur 23 ersichtlich. Der Stern besteht aus einer drehbaren Centralscheibe, welche drei bis neun entweder gleichlange oder ungleichlange Speichen besitzt. An den Speichen und mit ihnen parallel sind gewöhnliche Flammenhülsen befestigt. An den Enden der Speichen sind Hülsen so befestigt, daß sie nahezu senkrecht auf die Speichen gestellt sind, die mit dem Brander versehene Mündung aber etwas nach außen gerichtet ist. Die Mündungen dieser Hülsen sind alle nach einer Seite gestellt und durch eine Zündleitung derart verbunden, daß sie alle gleichzeitig in Brand gerathen. Jede dieser Hülsen wirkt nun durch rückwirkenden Stoß so auf die Speiche, an welcher sie befestigt ist, ein, daß sie dieselbe zu drehen sucht. Da alle Hülsen in gleicher Richtung wirken, so dreht sich das ganze Object mit großer Geschwindigkeit und kann demselben ein größeres Gewicht gegeben werden, da die drehende Kraft hier offenbar eine bedeutendere ist, als bei den Sonnen, bei welchen immer nur eine Hülse brennt.

Fig. 23.



Dieses Feuerwerksobject giebt eine sehr schöne Wirkung, wenn man die schief gestellten Hülsen mit einem Funkensatz ladet, welchem Sterne beigemischt sind. Es ist dann der ganze Drehstern von einem Funkenregen umgeben, aus welchem von Zeit zu Zeit kleine farbige Sterne ausgeschleudert werden.

Digitized by Google

Die Feuerräder.

Dieses Object wird ganz so angefertigt wie die Drehsterne, nur läßt man die an den Speichen befestigten Hülsen weg, stellt die Hülsen, durch welche die Umdrehung bewirkt wird, vollkommen senkrecht auf die Speichen und befestigt an jeder an der äußeren Seite eine Funkenhülse, die mit ihr in gleicher Richtung steht, aber etwas nach außen geneigt ist. Beim Abbrennen sieht man ein feuriges Rad, welches außen von einem Funkenregen umgeben ist.

Man kann zwei solcher Feuerräder, von denen eines kleiner ist, hinter einander aufstellen und in entgegengesetzter Richtung drehen lassen. Es empfiehlt sich dann, jedes Feuerrad mit einem Satz von anderer Farbe zu laden.

Die Spirale.

Dieses Object wird ebenfalls durch die Reactionskraft in Bewegung gesetzt und kann nach Belieben in kleinem oder großem Maßstabe ausgeführt werden. Im letzteren Falle giebt es sehr schönen Effect und kann recht gut als Schlußstück einer Vorstellung dienen. Man stellt die Spirale auf folgende Art her:

Man bringt auf einem Pfahle einen Reifen in horizontaler Lage derart an, daß er sich um seinen Mittelpunkt zu drehen vermag. Am Umfange dieses Reifens sind sechs Stäbe befestigt, welche oben zusammenlaufen und einen Kegel bilden. — An der Basis dieses Kegels — das ist am Umfange des Reifens — befestigt man Leuchtfeuerhülsen derart, daß sie senkrecht auf dem Halbmesser des Reifens stehen und ihre Brander alle in einer Richtung gestellt sind. Es müssen solche Hülsen in so großer Zahl vorhanden sein, daß sie die Umdrehung des ganzen Objectes bewirken. Bei

Digitized by Google

großen Objecten wird man gut thun, in ein Drittel der Höhe des Kegels einen zweiten Reifen anzubringen, der auf die gleiche Weise mit Hülsen besetzt ist.

Um den Kegel herum zieht man einen Draht, der in einer Spirallinie in beliebig vielen Windungen bis zur Spitze des Kegels emporsteigt. An diesem Drahte befestigt man nun in lothrechter Stellung eine Anzahl von Hülsen, welche mit einfachen Funken- oder Brillantsätzen oder auch mit Sternensätzen geladen sind. An der Spitze des Kegels bringt man eine größere Hülse an, welche Leuchtkugeln enthält. Alle Hülsen, welche an dem Objecte vorkommen, sind miteinander durch eine Zündschnur verbunden.

Beim Abbrennen des Stückes entsteht unten ein feuriger Ring, über welchem sich ein flammender Kegel erhebt, der sich in Spirallinien dreht. Wenn man die Hülsen alle gleich groß wählt, und auf den Grund der zu oberst gestellten Hülse einen Kanonenschlag anbringt, so endet das ganze Object mit einem Male mit einem starken Knalle.

Die Pastillen.

Die Feuerwerksobjecte, welche man mit diesem Namen bezeichnet, brennen auf die Weise ab, daß sie einen Feuerstrahl geben, der mit großer Geschwindigkeit in einer Spirallinie herumfährt und hierbei lebhafte Funken sprüht. Dadurch, daß das Object im Auge den Effect eines leuchtenden Punktes hervorbringt, der sich rasch in einer Spirallinie bewegt, unterscheidet er sich wesentlich von den Sonnen und anderen drehenden Feuerwerkskörpern, welche den Eindruck einer leuchtenden Scheibe oder eines feurigen Rades hervorbringen.

Um den hier beschriebenen Effect zu erreichen, muß man dem Objecte eine ganz besondere Form ertheilen, von

Digitized by Google

der man sich am besten eine Vorstellung machen kann, wenn man sich einen weichen biegsamen Cylinder vorstellt, welcher um sich selbst gewunden ist. Es entsteht auf diese Weise eine kreisrunde Scheibe, die Pastille; zündet man die Hülse an ihrem am Umfang dieser Scheibe liegenden Ende an, so brennt der Satz sammt der dünnen Hülse offenbar in einer Spirallinie ab und bringt den erwähnten Effect eines in einer Spirale laufenden Feuerstrahles hervor.

Je nachdem man die Hülse in einer Spirale, die sich nach rechts oder links wendet, aufrollt, erhält man einen links oder rechts laufenden Feuerstrahl, und kann durch passende Gegenüberstellung zweier oder mehrerer Pastillen sehr hübsche Licht- und Figuren-Effecte hervorbringen.

Manche Feuerwerker geben über die Anfertigung der Pastillen sehr lange Beschreibungen und stellen dieselben als ein äußerst schwieriges Object dar. Es läßt sich zwar nicht läugnen, daß die Anfertigung der Pastillen mit gewissen Schwierigkeiten verknüpft ist, welche aber zum großen Theile durch eine richtige Arbeit beseitigt werden können.

Hauptsächlich ist es die außergewöhnliche Länge der Hülse, welche dem gleichmäßigen Laden ein Hinderniß entgegensetzt und die Schwierigkeit, die stark geladene Hülse in Kreis- oder richtiger in Spirallinien zu bringen, welche die hauptsächlichsten Schwierigkeiten darbieten.

Bei einer größeren Pastille beträgt die Hülsenlänge oft mehrere Meter, während der Durchmesser der Hülsen nur selten größer als ein Centimer ist. Es ist nun nicht leicht in eine derartige lange und enge Hülse den Satz gleichmäßig einzufüllen und noch schwieriger ist es die festgeladene Hülle in Kreisform zu biegen. Wir begegnen den hierbei vorkommenden Schwierigkeiten auf folgende Art:

Wir fertigen vorerst Hülsen von etwa ein Meter Länge

Digitized by Google

und einem Durchmesser von 8 bis 10 Mm. aus einem dünnen Baumwollenstoff und zwar nur in einer einmaligen Windung; geklebt wird die Hülse mit einem Leim, der so dünn gewählt wird, daß er erst einige Stunden nach Anfertigung der Hülse fest wird. Die auf diese Weise dargestellte Hülse stellt einen engen nach allen Richtungen leicht biegsamen Schlauch dar. Man fertigt sich auf einmal nur so viel Hülsen an, als man für Pastillen braucht, die man im Laufe eines Tages vollenden kann. Wenn der Leim, mit welchem die Hülsen geklebt sind, schon hart geworden ist, so sind die Hülsen nur mehr schwierig zu behandeln.

Man kann den Leim durch sehr lange Zeit dadurch flüssig erhalten, daß man ihm eine ganz kleine Quantität von Essig zusetzt. Der Zusatz von Essig beeinträchtigt die Klebekraft des Leimes nicht im geringsten, verhindert aber dessen Erstarren; erst wenn der Leim in einer dünnen Schichte aufgestrichen wird, verdunstet die Essigsäure allmälig und läßt den Leim langsam fest werden.

Das Laden dieser Hülsen geschieht auf folgende Art: Man nimmt ein außen und innen ganz glattes Messingrohr, welches einen solchen Durchmesser besitzt, wie der Stab, um welchen die Hülse angefertigt wurde, oben einen Trichter trägt, und um etwa 1 Dm. länger ist als eine Hülse. Man schiebt die Hülse auf das Rohr auf, bindet das untere Ende zu, schüttelt durch den Trichter beiläufig 5 Cm. hoch von dem ganz trockenen pulverförmigen Feuerwerkssatze, mit welchem die Pastille geladen werden soll, in das Rohr und zieht die Hülse so weit herab, daß ihr unteres Ende etwa 2 Cm. unter dem Rohre steht. Man hält nun die Hülse oben an dem Rohre mit der Hand fest und führt mit einem Setzer, der aus einem starken Eisendraht besteht und unten eine

Digitized by Google

erbsengroße Kugel aus Blei trägt, einige Schläge auf den Satz, um denselben gleichmäßig zu dichten.

Der Setzer wird darum so klein gewählt, daß man nicht nothwendig hat, denselben beim jedesmaligen Einschütten von Satz aus dem Rohre zu ziehen. Nach dem ersten Laden fühlt man an der Hülse, wie hoch der Satz in derselben steht, schiebt die Hülse um einige Cm. weiter an dem Rohre herab, stampft neuerdings Satz ein, und fährt damit so lange fort, bis die ganze Hülse geladen ist.

Man muß sich aber hüten, den Satz zu stark zu schlagen; es könnte hierdurch geschehen, daß der noch weiche Leim nachgeben und die Hülse platzen oder wenigstens an Biegsamkeit einbüßen würde.

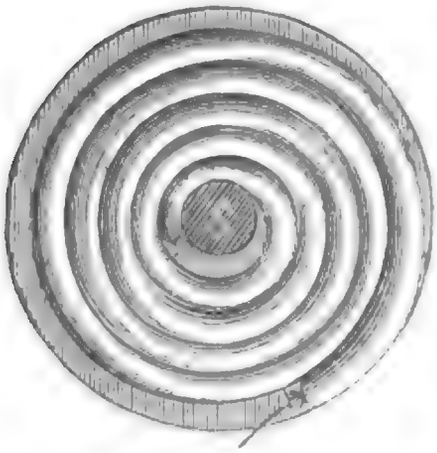
Wenn eine Hülse geladen ist, wickelt man sie sofort in einer Spirale auf der unten anzugebenden Vorrichtung auf. Erweist sich eine Hülse als zu kurz, was bei größeren Pastillen immer der Fall ist, so fügt man eine zweite Hülse an die erste an. Man ladet eine zweite Hülse genau auf dieselbe Art, wie die erste, verschmälert aber das untere Ende durch Drücken mit den Fingern. Nachdem die Hülse geladen ist, befeuchtet man sie so stark, daß der untere Theil ihres Inhaltes teigartig wird, schneidet mittelst eines sehr scharfen Messers die Bindstelle ab, bestreicht die Hülse einige Cm. hoch mit Leim und schiebt sie an die erste Hülse an. Der Vorsicht wegen umgiebt man die Verbindungsstelle mit einem Papierstreifen.

Wenn man auf die angegebene Weise arbeitet, so ist es gar nicht schwierig Hülsen, von vielen Metern Länge und ganz gleichförmiger Ladung herzustellen, die vollkommen biegsam sind. Um aus dieser Hülse die Pastille anzufertigen, verfährt man dann folgendermaßen: Man nimmt eine

Digitized by Google

Holzscheibe von etwa 8 bis 10 Cm. Durchmesser, leimt dieselbe (s. Figur 24) auf eine Pappscheibe, welche denselben Durchmesser besitzt, wie die anzufertigende Pastille und befestigt die lange Hülse, aus welcher die Pastille gewickelt werden soll, mit ihrem zugebundenen Ende an einer beliebigen Stelle an dieser Scheibe. Unmittelbar bevor man die Hülse aufwickelt, umgiebt man sie mit einer einfachen Lage von Schreibpapier, welches mit Mehlkleister bestrichen ist.

Figur 24.



Wenn man nun die Pastille einfach in einer Spirallinie um die Scheibe wickeln wollte, so könnte der Fall eintreten, daß beim Abbrennen derselben das Feuer nicht in der Hülse fortläuft, sondern durch die dünne Hülse hindurch die nächstliegende Windung in Brand steckt, was eine plötzliche Explosion des ganzen Stückes zur Folge hätte.

Wir begegnen diesem Uebelstand auf folgende Weise. Wir schneiden aus schwacher Pappe Streifen, deren Breite gerade so groß ist, wie der Durchmesser der Hülsen. Diese Streifen werden in Alaun- oder Bleizuckerlösung getaucht, um sie unverbrennlich zu machen und auf beiden Seiten stark mit Kleister bestrichen. Sobald die erste Windung der Pastille um die Scheibe S gelegt ist, wird zwischen die erste und nächstfolgende Windung ein Streifen aus Pappe gestellt, und die Hülse fest an denselben gedrückt. Man legt fortwährend Pappestreifen zwischen die Windungen und trennt auf diese Weise eine Windung von der anderen.

Wenn die Hülse ganz aufgewunden ist, überklebt man sie an der Vorderseite mit einer Scheibe aus dünnem Schreibpapier, setzt an dem äußeren Ende die Zündschnur

Digitized by Google

ein, und hat auf diese Weise das Object vollendet. Die Pastille wird mittelst der Scheibe S an einer vertical stehenden Latte zum Abbrennen befestigt.

Der Effect dieses Stückes wird bedeutend erhöht, wenn man auf die Scheibe S eine Hülse mit einem schönen Leuchtfeuer befestigt und dieselbe durch eine Zündleitung mit dem unteren Ende der Pastille (das ist mit jenem, welches an der Scheibe S liegt) in Verbindung setzt. In dem Momente, in welchem das Spiralfeuer der Pastille erlischt, flammt dann das Leuchtfeuer auf.

Anstatt die Pastillenhülse auf die angegebene Art in einer Ebene zu rollen, wodurch die Spirale, in welcher sich der Feuerstrahl bewegt, immer kleiner wird, kann man das Stück auch auf die Weise herstellen, daß man die Hülse um einen Cylinder auf die Weise rollt, daß die einzelnen Windungen in Form von Schraubengängen übereinander zu liegen kommen. Man bedeckt den Cylinder mit einer Hülle aus Seidenpapier und kann ihn, nachdem die Pastille gewickelt ist, herausziehen. Eine derart angefertigte Pastille bildet einen hohlen Cylinder und giebt beim Abbrennen einen in einer Schraubenlinie laufenden Feuerstrahl.

Beim Abbrennen der Pastille soll die Hülse gleichzeitig mit dem Satze abbrennen; wenn man aber dieselbe einfach aus Baumwollenzeug und Papier anfertigt, so geschieht es, daß die Hülse eine Zeitlang kohlt, und der Feuerstrahl in seiner fortschreitenden Bewegung unterbrochen wird. Man kann diesen Uebelstand einfach dadurch verhüten, daß man das Baumwollenzeug und das Papier, welches zur Anfertigung der Hülsen dient, vorher mit einer Salpeterlösung tränkt und trocknen läßt und auch den Klebemitteln etwas Salpeter zusetzt. Es wird durch diesen

Digitized by Google

Zusatz die Verbrennlichkeit der Hülsen erhöht und ist ein Verkohlen derselben nicht zu befürchten.

Zur Ladung einfacher Pastillen bedient man sich gewöhnlich des Pulvermehles, welches man mit 7 bis 9 Percent sehr fein gemahlener Bleiglätte versetzt. Es lassen sich jedoch durch Anwendung verschiedener Sätze die Lichteffecte mannigfaltig abändern. Man kann z. B. die ganze Länge der Pastillenhülse in eine beliebige Anzahl von Theilen zerlegen und jeden Theil mit einem anderen Farbensatze ausschlagen, wodurch der umlaufende Feuerstrahl jeden Augenblick seine Farbe wechselt, oder man kann nach jedesmaliger Ladung eines gewissen Satzquantums Sternchen auf den Satz bringen, welche beim Abbrennen von dem Feuerstrahle ausgeworfen werden.

Sehr hübsch ist der Effect jener Pastillen, welche mit Schlägen in Verbindung gebracht werden. Um dieses Stück herzustellen, bohrt man von rückwärts (durch die Pappscheibe) Löcher in die Pastille, so daß auf jede Windung ein Loch kommt, befestigt in diesen Löchern Stoppinen, die man mit Schlägen in Verbindung setzt. So oft eine Windung abbrennt, explodirt ein Schlag und folgen sich die Explosionen immer rascher, da wegen des Kleinerwerdens der Windungen das Abbrennen derselben immer schneller erfolgt.

Der Effect der Pastillen läßt sich außerdem noch auf mannigfaltige Weise abändern, indem man zwei Pastillen mit entgegengesetzt laufenden Windungen hinter einander anbringt; in diesem Falle muß aber die hinten stehende Pastille eine Mittelscheibe haben, deren Durchmesser jenem der ganzen vorderen Pastille gleichkommt und im Falle die Pastillen mit farbigen Feuern brennen, müssen die beiden Pastillen gleichzeitig solche Farben zeigen, welche gut zu einander passen.

Digitized by Google

Die architektonischen Feuerwerke.

Als architektonische Feuerwerke oder Fronten bezeichnet man jene oft sehr complicirten Feuerwerksobjecte, welche beim Abbrennen irgend ein beliebiges Object, einen Namenszug, einen Palast, ein Denkmal, einen Springbrunnen u. s. w. hervorbringen.

Um ein derartiges Object auszuführen, ist es vor allem nothwendig, eine Zeichnung zu entwerfen, welche das Object in seinen Umrissen angiebt, und auf dieser Zeichnung die Zahl und Art der Objecte, so wie ihre Farben anzugeben. Nach dieser Zeichnung werden nun zuerst die Umrisse des darzustellenden Gegenstandes aus einem Lattengerüste gebildet. Diese Umrisse werden ganz mit Leuchtfeuerhülsen besetzt, die mit langsam brennenden Sätzen geladen und durch eine gemeinschaftliche Zündleitung verbunden sind, so daß beim Abbrennen die Contouren des Objectes in Feuerlinien sichtbar werden.

Gewöhnlich nimmt man für die Contouren der Architektur einfache weiß brennende Hülsen; wählt man Hülsen, welche mit verschiedenfarbigen Sätzen ausgeschlagen sind, so wechselt demgemäß auch die Farbe der Contouren auf entsprechende Weise. Namenszüge und ähnliche Zeichnungen, welche besonders hervortreten sollen, werden gewöhnlich ganz in farbigen Sätzen ausgeführt. Für die Darstellung architektonischer Brunnen werden die Contouren immer mit gewöhnlichem Feuer dargestellt, die Wasserstrahlen, welche der Brunnen von sich geben soll, aber durch Funken- oder Brillantsätze, die in ihrer Färbung wechseln, ausgeführt.

Die Anfertigung eines größeren architektonischen Objectes verursacht viele Mühe, da zur Ausführung der Umrisse derselben oft mehrere hundert Hülsen erforderlich sind. Da

Digitized by Google

es bei derartigen Hülsen nur auf das Entwickeln von Licht, nicht aber auf ein besonders kräftiges Hervorschleudern des Feuerstrahles ankommt, so ist es nicht nothwendig, dieselben so kräftig mit dem Satze auszuschlagen, als dies bei anderen Hülsen der Fall ist.

Wir vereinfachen daher die Ladung solcher Hülsen auf folgende Weise. Die Papierhülsen wurden mit geringer Höhe aber mit einem verhältnißmäßig großen Durchmesser angefertigt und bilden oben und unten offene Cylinder. Der Feuerwerkssatz, mit welchem sie geladen werden soll, wird mit so viel Wasser oder besser mit Weingeist angefeuchtet, daß daraus ein bildsamer Teig entsteht. Diesen Teig füllt man gleichmäßig in einen Blech-Cylinder, welcher große Aehnlichkeit mit einer Wurstspritze besitzt. An der Vorderseite ist er geschlossen und besitzt ein schwach kegelförmiges Rohr, das vorne gerade so weit ist, daß es in die Oeffnung der Hülsen paßt. An der Hinterseite ist der Cylinder offen und kann in denselben ein hölzerner Kolben eingesetzt werden. Wenn man den Kolben in den Cylinder langsam eindrückt, so tritt der teigförmige Satz durch die an der Vorderseite angebrachte Röhre in Form eines Cylinders heraus, welcher denselben Durchmesser besitzt, wie das Innere der Hülse Steckt man auf dieses Rohr eine leere Hülse auf, so kann man sie durch einen Druck mit dem Satze füllen. Man schneidet mit einem scharfen Messer den Satzteig am vorderen Ende der Hülse durch, und drückt sie mit einem Ende an eine kreisrunde mit Leim bestrichene Pappscheibe, welche einen etwas größeren Durchmesser besitzt als die Hülse selbst.

Nachdem die Hülsen entsprechend ausgetrocknet sind, befestigt man sie mittelst kleiner Drahtstifte, die man durch die Bodenscheibe schlägt, in entsprechender Ordnung an dem

Digitized by Google

Lattengerüst und versieht sie, nachdem alle Hülsen befestigt sind, mit einer entsprechenden Zündleitung.

Die Zündleitung wird auf folgende Weise angebracht: Man spannt über die Oeffnungen der Hülsen, aus denen der eingepreßte Satz hervorragt, Streifen von Zündpapier oder besser, Schießwollfäden; man verfertigt sich ferner mittelst eines Ausschlageisens kreisrunde Scheiben aus Papier, welche denselben Durchmesser haben, wie die Hülse. Diese Scheibchen werden mit dicker Anfeuerung bestrichen und so auf die Mündung der Hülsen aufgedrückt, daß der Schießwollfaden zwischen den Satz und die Papierscheibe eingeklebt wird.

Da es bei architektonischen Objecten ganz besonders darauf ankommt, alle Hülsen gleichzeitig in Brand zu setzen, indem sonst Lücken in den Linien entstehen, so muß man auf die Herstellung der Zündleitung große Sorgfalt verwenden. Man stellt daher eine größere Anzahl von Zündleitungen her, welche die Entzündung gleichzeitig an vielen Punkten bewirken, verbindet alle Zündleitungen unter einander und läßt sie alle in eine einzige zusammenlaufen, so daß durch eine einzige Zündung alle Brander auf einmal in Brand gesteckt werden.

Die architektonischen Feuerwerke werden häufig durch Sterne, Sonnen und Pastillen verziert und bilden gewöhnlich das vorzüglichste Stück eines größeren Feuerwerkes. Will man mehrere Fronten bei einem Feuerwerke abbrennen, so muß man die Gerüste der einzelnen Fronten so einrichten, daß sie sich nach dem Abbrennen der Front leicht umlegen lassen, indem sonst die nächstfolgende Front nicht deutlich sichtbar wäre.

Digitized by Google

Die Schwärmermörser.

Die Schwärmermörser haben in Bezug auf ihre Einrichtung eine gewisse Aehnlichkeit mit den Bombenröhren und dienen so wie diese zum Emporwerfen verschiedener Objecte, die in der Luft abbrennen sollen. Zur Anfertigung dieser Objecte verfertigt man sich Cylinder, welche 5 bis 10 Cm. Durchmesser und eine Höhe von etwa 50 Cm. haben. Die Wandungen der Cylinder müssen sehr fest sein und werden aus mehrfachen Lagen starker Pappe hergestellt, die man nach außen mit Draht umhüllt. Man kann übrigens auch als Hülse eine Blechbüchse von entsprechender Größe verwenden. Je nachdem der Schwärmermörser nur ein Mal Schwärmer auswerfen, oder dies mehrere Male nach einander thun soll, wird die Ladung verschieden vorgenommen.

Bei jenen Schwärmermörsern, welche nur eine einfache Schwärmergarbe ausschleudern sollen, befestigt man die Büchse auf einem Brette, schüttet auf den Boden des Cylinders soviel gekörntes Pulver, daß es eine etwa 1 Cm. hohe Schicht bildet und steckt in die Mitte des Cylinders eine Zündschnur, welche oben in dem Pulver steckt und oben frei herausragt. Der Cylinder wird nun ganz mit Schwärmern gefüllt, welche mit ihren Brandern nach unten gestellt und an das Pulver gedrückt werden. Auf die obere Oeffnung des Cylinders klebt man eine dünne Papierscheibe, aus welcher die Zündschnur hervorragt. Beim Abbrennen des Stückes explodirt das am Boden der Büchse liegende Pulver, und schleudert die Schwärmer hoch in die Luft, wo sie mit starkem Knalle zerplatzen.

Will man die Schwärmermörser so einrichten, daß sich die eben geschilderte Erscheinung mehreremale wiederholt, so verfährt man auf folgende Weise. Man ladet den

Digitized by Google

Cylinder genau so, wie es für die einfachen Schwärmerbüchsen angegeben wurde, aber ohne Zündschnur, nimmt aber nur ganz kurze Schwärmer hierzu. Nachdem die Schwärmer eingesetzt sind, giebt man eine kleine Schichte Papierschnitzel auf die Schwärmer, und schiebt eine Scheibe aus Pappe in den Cylinder, welche genau denselben Durchmesser besitzt, wie dieser selbst. Man bohrt nun durch die Wand der Hülse, nahe am Boden derselben eine kleine Oeffnung, so daß man eine Zündschnur in das Pulver schieben kann. Ueber der eingelegten Pappscheibe, welche gleichsam als Boden für einen neuen oberen Theil des Cylinders dient, wird ebenfalls ein Loch gebohrt, eine Zündschnur eingeschoben, Pulver eingeschüttet und Schwärmer eingesetzt. Man kann diese Pulver- und Schwärmerschichten in mehreren Lagen über einander anbringen.

Man hat nun aus dem Cylinder so viele Zündschnüre herausstehen, als Pulverlagen vorhanden sind; die Löcher für diese Zündschnüre müssen so gebohrt sein, daß sie alle über einander stehen. Diese Zündschnüre werden nun durch eine gemeinschaftliche Zündschnur mit einander verbunden, welche eine solche Brenndauer hat, daß zwischen der Entzündung von Pulverladungen 10 bis 15 Secunden verstreichen.

Die Anzündung der gemeinschaftlichen Zündschnur erfolgt am oberen Ende; in dem Momente, in welchem das Feuer die oberste Pulverladung erfaßt, geschieht das Ausstoßen der Schwärmer, welche in die Luft steigen und zerplatzen; während dieser Zeit ist aber die Zündschnur so weit abgebrannt, daß die nächste Pulverladung gesprengt wird, und ein neuer Schwärmerausbruch erfolgt. Die Erscheinung wiederholt sich so oft, als Schwärmerlagen in der Büchse enthalten waren.

Digitized by Google

Wenn man anstatt einiger Schwärmer in jede Ladung einige Leuchtkugeln oder Hülsen einsetzt, welche mit Brillantsätzen geladen sind, so kann man hierdurch den Effect noch bedeutend erhöhen. Um die Schwärmermörser recht effectvoll zu machen, verstärkt man mitunter die Pulverladung, damit die Schwärmer hoch geschleudert werden; man darf aber nicht über eine gewisse Grenze hinausgehen, indem sonst die Explosion so stark würde, daß ein Zersprengen der Hülse unausbleiblich wäre. Es ist bei den Schwärmermörsern jedoch immer eine gewisse Vorsicht nöthig und soll das Abbrennen nur vermittelst einer ziemlich langen Zündschnur vorgenommen werden.

Die archimedischen Schrauben-Raketen.

Dieses anmuthige Object, welches sowohl im ganz kleinen Maßstabe — als sogenannte Zimmerraketen — als auch im Großen angeführt werden kann, steigt nun selbst in einer feurigen Schraubenlinie in die Höhe. — Die Ursache dieser eigenthümlichen Bewegung liegt in der besonderen Art der Anfertigung der Rakete selbst, welche beim Abbrennen zwei Feuerstrahlen nach entgegengesetzter Richtung ausstößt und dadurch in drehende Bewegung kommt; gleichzeitig aber auch mehrere Feuerstrahlen nach unten giebt, welche sie steigen machen. Aus der Vereinigung der drehenden und der aufsteigenden Bewegung entsteht die Schraubenbewegung.

Man fertigt sich eine Hülse, welche an einem Ende ganz geschnürt ist und ladet dieselbe mit einem raschen Satze. Auf den Satz setzt man einen Papierpfropf und schnürt die Hülse auch an diesem Ende zu. Man bohrt nun am oberen und unteren Ende der Hülse seitlich ein Loch in dieselbe; die beiden Löcher müssen einander gerade

Digitized by Google

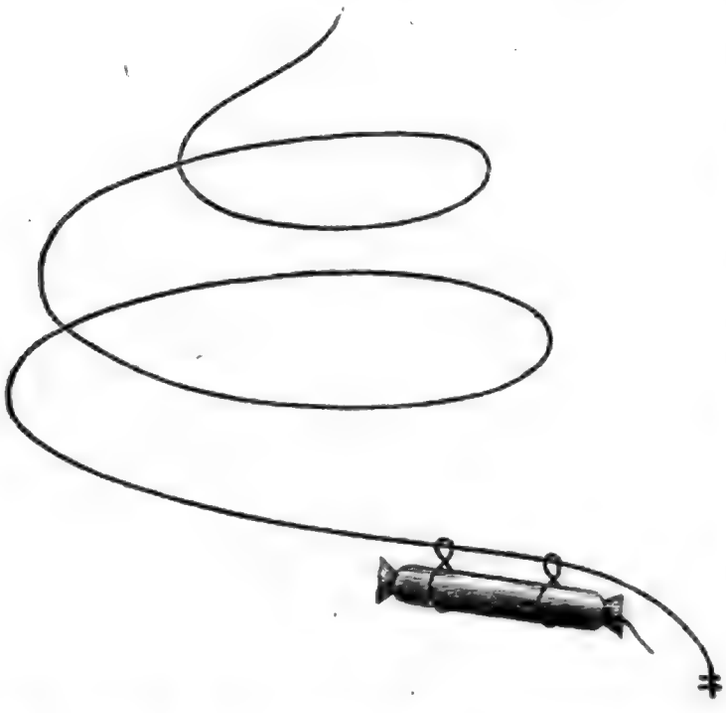
gegenüber stehen, ähnlich wie bei den Drehschwärmern, und werden durch eine gemeinschaftliche Stoppine verbunden. Der Länge der Rakete nach bohrt man 4 bis 6 Löcher, die in einer Linie und in der Mitte zwischen den beiden seitlichen liegen. Diese Löcher werden ebenfalls mit Stoppinen ausgefüllt, diese durch eine Zündleitung verbunden, welche mit jener der seitlichen Löcher zusammenläuft, so daß die Entzündung aller Brander zu gleicher Zeit erfolgt.

Beim Abbrennen legt man die Rakete in horizontaler Lage so auf zwei Stützen, daß die 4 oder 6 in einer Linie liegenden Brander nach unten gerichtet sind und setzt die Stoppinen in Brand; bei richtiger Anordnung der Löcher beginnt die drehende und aufsteigende Bewegung zu gleicher Zeit und erhebt sich die Rakete in Form einer doppelten Feuerschraube hoch in die Luft.

Die Raketen-Spirale.

Dieses Stück wird auf die Weise erhalten, daß man eine Rakete, an welcher zwei Drahtringe befestigt sind, wie dies Figur 25 versinnlicht, auf eine freistehende Spirale aus starkem Draht aufschiebt, welche einige Windungen besitzt und nach oben in ein längeres, vertical aufsteigendes, gerades Drahtstück ausläuft. Die Spirale muß so groß sein, daß ihre oberste Windung etwa

Fig. 25.



1 Meter Durchmesser besitzt. Wenn man die Rakete abbrennt, so folgt sie den Windungen der Spirale und wird dann längs des vertical aufsteigenden Stückes emporfliegen.

Man kann auf die Spirale eine größere Anzahl von Raketen aufschieben, welche man rasch nach einander abbrennt, indem man sie durch eine gemeinschaftliche Zündschnur verbindet und diese bei der vordersten Rakete in Brand steckt. Man sieht dann eine feurige Spirallinie, welche sich hoch in der Luft in mehrere Feuerlinien auflöst.

Die Schnurfeuer

beruhen auf demselben Princip, wie die Raketen-Spiralen; nur nimmt man bei diesem Stücke als Leitung für die Raketen anstatt der Drahtspirale gespannte Schnüre, längs welchen die Raketen hingleiten müssen.

Ein sehr schöner Effect läßt sich mittelst Schnurfeuern herstellen, wenn man eine Anzahl von Raketen zu einem Kometen vereinigt.

Das Feuerwerksobject, welches man als Kometen bezeichnen kann, ist gleichsam das Gegenstück zum Fächer; während beim Fächer eine große Anzahl von Raketen von einem Punkte auffliegt, die sich in der Luft von einander entfernen, geschieht beim Kometen gerade das umgekehrte. Man stellt den Kometen auf folgende Weise dar. — Man befestigt am Boden eine Anzahl von Schnüren an Pflöcken, welche in Entfernungen von je 1 Meter von einander eingeschlagen sind. Die Schnüre sind gleich lang (30 bis 40 Meter), laufen gegen einen Punkt zusammen, und zwar befindet sich dieser Punkt an der Spitze eines 10 bis 15 Meter hohen Pfahles, der oben ein Querbrettchen trägt, in den von 10 zu 10 Cm. Löcher gebohrt sind, in welchen kleine Klötzchen stecken, an denen die Schnurenden befestigt sind.

Digitized by Google

Diese Klötzchen dürfen nur aber ganz lose eingesteckt werden. An jeder der Schnüre hängt mittelst zweier Drahtringe eine Rakete, welche auch mit einem Stabe versehen sein muß.

Die Zündleitung muß so hergestellt werden, daß sich alle Raketen gleichzeitig erheben. Zu diesem Zwecke nimmt man so viele gleichlange Zündschnüre, als Raketen vorhanden sind, vereinigt sie an einem Ende zu einem Bündel und vertheilt sie an den Raketen. Da die gleichlangen Zündschnüre auch in gleicher Zeit abbrennen, so findet das Auffliegen aller Raketen im gleichen Momente statt. Die Raketen, welche längs der Schnüre dahin fahren, stoßen die Klötzchen, durch welche letztere fest gehalten werden, aus den Zapfenlöchern und fliegen weiter. Die vielen einzelnen Feuerstrahlen vereinigen sich zu einem dicken Feuerbündel, welches wie ein großes Meteor in einer Bogenlinie dahin fährt.

B. Wasser-Feuerwerke.

Die Wasser-Feuerwerke dienen dazu, die Erscheinungen des Feuerwerkes auf der Oberfläche eines größeren Wasserspiegels (Teiches oder Sees) hervorzurufen. Der Effect, welchen sie bieten, ist ein großartigerer als jener, der durch Luft-Feuerwerke erzeugt wird, da die glatte Wasserfläche alle Erscheinungen widerspiegelt.

Die Herrichtung eines Wasser-Feuerwerkes ist von jener eines Luft-Feuerwerkes nur wenig verschieden; der Bau der Objecte, die Art, sie zu laden und abzubrennen, ist so ziemlich mit jener übereinstimmend, welche man bei Luft-Feuerwerken beobachtet. Der Unterschied liegt hauptsächlich in zwei Momenten, die nothwendiger Weise bei Wasser-Feuerwerken beobachtet werden müssen und deren

Digitized by Google

eines darin besteht, die Objecte wasserdicht zu machen, während es bei dem zweiten darauf ankommt, die einzelnen Stücke genau so tief als nothwendig im Wasser einsinken zu machen.

Das Wasserdichtmachen der Objecte läßt sich leicht durch Ueberziehen derselben mit einem guten Leinölfirniß bewirken; das Auftragen desselben ist aber eine zeitraubende Arbeit, da es mittelst des Pinsels geschehen muß und auch nicht die kleinste Stelle der Hülse frei von Firniß bleiben darf. Wir benützen einen einfachen Kunstgriff, um die Hülsen sehr rasch und vollständig wasserdicht zu machen, der noch den Vortheil für sich hat, daß er weniger Kosten verursacht, als der Firniß-Anstrich.

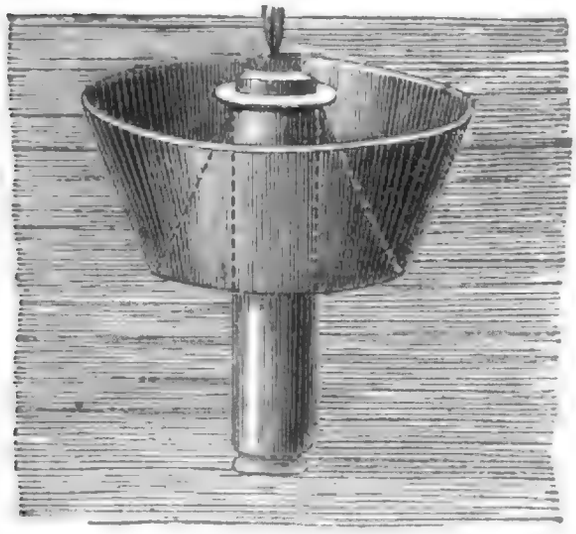
Wir schmelzen gewöhnlichen Rinds- oder Hammeltalg in einem Kessel, der so tief sein muß, daß man auch die längsten Hülsen, welche man überhaupt verwendet, in demselben untertauchen kann. Wenn der Talg geschmolzen ist, läßt man ihn so weit abkühlen, daß er zu erstarren beginnt, und taucht die vollkommen zum Abbrennen fertig gemachten, also auch mit der Zündschnur versehenen Objecte derart in den Talg ein, daß auch der Brander in seinem unteren Theile mit Fett überzogen wird. Das Eintauchen braucht nur einen Augenblick anzudauern; beim Herausziehen aus dem erstarrenden Fette überzieht sich die Hülse rasch mit einer gleichmäßig dicken Fettlage und wird hierdurch vollkommen wasserdicht. Um das Anhaften des Fettes zu erleichtern ist es zu empfehlen, die äußerste Hülle der Hülse aus grobem Löschpapier anzufertigen.

Die Vorrichtung, welche dazu dient, die Hülsen so tief als nöthig unterzutauchen, ist ebenfalls sehr einfach und besteht aus einem napfähnlichen Gefäße, welches aus zwei

Digitized by Google

Kegelstücken zusammengesetzt ist. Die untenstehende Figur 26 giebt die Abbildung einer zum Abbrennen bereiten Hülse, nebst der Schwimmvorrichtung. Man kann letztere aus Pappe machen, die mit Fett überzogen ist. Für den öfteren Gebrauch derartiger Schwimm-Vorrichtungen empfiehlt es sich, hölzerne oder blecherne Näpfe anzuwenden, welche in der Mitte ein Loch haben, durch welches die Hülse gesteckt und durch eine Pappscheibe, die auf der Höhlung des Napfes aufliegt, getragen wird.

Fig. 26.



Damit die ganze Vorrichtung möglichst genau in gleicher Lage mit dem Wasserspiegel sei und nur sehr wenig über denselben hervorrage, füllt man in die Höhlung des Napfes so lange Sand, bis der Napf bis zur entsprechenden Tiefe eingesunken ist.

Bombenröhren oder Schwärmermörser, überhaupt Objecte, welche eine gewisse Explosion geben, werden durch den Rückstoß, welcher bei der Entzündung des Pulvers stattfindet, unter das Wasser gedrückt; man belastet den Napf, welcher sie trägt, nur sehr wenig, so daß sie nicht tief untersinken. Es könnte aber selbst bei momentanem Untertauchen geschehen, daß nicht so viel Gase aus der Hülse entweichen, um das Eindringen von Wasser in dieselben und mit diesem das Erlöschen des Satzes hintanzuhalten. Um diesem Uebelstande vorzubeugen, schüttet man bei Schwärmermörsern in die freien Räume, welche zwischen den einzelnen Schwärmern übrigbleiben, einen fein

Digitized by Google

gepulverten trockenen Satz, welcher selbst unter Wasser fortbrennt. Dieser Satz wird auf folgende Weise zusammengesetzt:

Kalisalpeter getrocknet	24
Schießpulver in Mehlform . .	12
Schwefel gepulvert	6
Kohle gepulvert	12

Füllt man eine Hülse mit diesem Satze, zündet ihn an und taucht die Hülse mit dem brennenden Ende unter Wasser, so brennt der Feuerstrahl mit ungeschwächter Kraft unter starker Gasentwickelung fort.

Bei Schwärmerbüchsen, in welchen man in die Zwischenräume der Schwärmer den angegebenen Satz geschüttet hat, bedarf man selbst der Scheibe nicht, welche die einzelnen Schwärmerschichten von einander trennen sollen; es genügt, den Satz so hoch aufzuschütten, daß die Schwärmer ganz davon überdeckt sind, auf diese den aus Kornpulver bestehenden Sprengsatz zu stampfen und eine folgende Schwärmerlage einzustellen.

Die Entzündung des unter Wasser fortbrennenden Satzes erfolgt durch die Explosion des Pulvers und man bedarf nur einer einzigen an der höchsten Stelle der Schwärmerbüchse angebrachten Zündschnur, um das Object in Brand zu stecken und regelrecht abbrennen zu machen.

Sonnen und Drehsterne im Wasser werden auf die Weise angefertigt, daß man am Rande eines Napfes, der durch Belastung mit Sand bis zur entsprechenden Tiefe eingetaucht ist, die Hülsen genau so anbringt, wie dies um die Reifen der in der Luft abbrennenden Sonnen geschieht. Beim Entzünden der Hülsen dreht sich der Napf sammt den Hülsen um seine eigene Achse. Anstatt den Napf mit Sand zu beschweren, kann man in denselben auch Sternen- oder

Digitized by Google

Funkenhülsen im Kreise aufstellen, wodurch man nebst der Sonne auch eine über dieselbe emporsteigende Feuergarbe erhält.

Für Drehsterne wird das Lattengerippe, an dessen Enden die Hülsen befestigt sind, auf den Napf gelegt und festgebunden. Auch hier erfolgt die Drehung ohne weitere Vorrichtung.

Raketen werden mit ihren Stäben, die ins Wasser hinabreichen, um den Rand eines hölzernen Napfes angebracht, in welchen eiserne Ringe eingeschraubt sind, durch die man die Raketenstäbe durchsteckt.

Wenn man eine Leuchtfeuerhülse so in einem Napfe befestigt, wie es Figur 26 zeigt, zugleich eine horizontal liegende Hülse mit dem Brande nach außen an dem Napfe anbringt und beide Hülsen durch eine Zündschnur verbindet, so wird die ganze Vorrichtung durch die rückwirkende Kraft der aus der horizontal liegenden und mit einem kräftigen Satz geladenen Hülse ausströmenden Gase nach vorwärts getrieben und man erhält auf diese Weise den Effect eines Irrlichtes, welches aus zwei Feuerstrahlen besteht und mit großer Geschwindigkeit auf dem Wasser dahin fährt.

Setzt man an eine Leuchtfeuerhülse unten ein leeres geschlossenes Hülsenstück an, so steht die Hülse in Folge des gestörten Gleichgewichtes schief im Wasser und geht beim Abbrennen ebenfalls nach vorne.

Raketengarben werden an einem Seile, welches unmittelbar über die Oberfläche des Wassers gespannt ist, aufgehängt und durch zwei Zündleitungen, die sich in der Mitte begegnen, abgebrannt.

Sollen ganze Decorationen auf dem Wasser abgebrannt werden, so stellt man sie auf einem Flosse, welches im Wasser

Digitized by Google

verankert ist, so auf, als wenn sie auf festen Boden stünden, und läßt sie durch einen in einem Kahne sitzenden Gehilfen entzünden. Man kann übrigens auch die Entzündung mittelst Elektricität, welche durch Kupferdrähte geleitet wird, die mit Kautschuck überzogen sind und in einer an dem Objecte angebrachten Sprengpatrone münden, bewerkstelligen.

XXVII.

Die Prüfung der Feuerwerkssätze.

Wir haben zwar in den vorstehenden Abschnitten bei Besprechung der einzelnen Feuerwerksobjecte die Vorschriften jener Feuerwerkssätze gegeben, welche wir als die besten erkannt haben. Bezüglich der Zusammensetzung der Feuerwerkssätze herrscht aber unter den Pyrotechnikern eine große Meinungsverschiedenheit. Mancher findet einen Satz für einen gewissen Zweck ganz unanwendbar, den ein anderer für einen ausgezeichneten erklärt.

Es versteht sich von selbst, daß diese Verschiedenheiten ihren Grund nicht in den Eigenschaften jener Körper selbst haben können, welche die eigentliche Wirkung des Satzes bedingen; wenn man zwei verschiedene Sätze aus ganz chemisch reinen Materialien zusammensetzt, so wird es nicht schwer fallen, jenen auszumitteln, welcher mit satter gefärbter Flamme oder hellerem Lichte brennt oder bei Raketen eine größere Steigkraft besitzt.

Leider ist der Pyrotechniker meist nicht in der Lage mit chemisch reinen Präparaten zu arbeiten, indem diese viel

Digitized by Google

zu kostspielig sein würden; es ist offenbar nicht gleichgiltig, ob eine als reiner Salpeter bezeichnete Substanz 100 oder nur 90 Percente an Kalium-Nitrat enthält; im letzteren Falle wird ja die Wirkung um ein volles Zehntel geschwächt. Mehr aber noch als die den einzelnen Körpern beigemengten Verunreinigungen beeinflußt der Feuchtigkeitsgehalt der Präparate die Wirkung derselben beim Abbrennen.

Es wurde schon in dem Abschnitte, welcher von der pyrotechnischen Chemie handelt und auch wiederholt in späteren Abschnitten dieses Werkes darauf hingewiesen, daß gewisse Substanzen mit ungemein kräftigen hygroskopischen (wasseranziehenden) Eigenschaften begabt sind, und daß man dieselben mit pedantischer Sorgfalt behandeln und aufbewahren muß, wenn man sie selbst oder die Sätze, welchen sie beigemengt werden, vor dem Unbrauchbarwerden bewahren will.

Wenn es sich daher darum handelt, zwei Feuerwerkssätze in Bezug auf ihre Wirksamkeit — abgesehen von den Kosten — miteinander zu vergleichen, so muß man dieselben vollkommen trocken machen.

Das Trocknen der Feuerwerkssätze durch künstliche Wärme ist eine Arbeit, welche viel Aufmerksamkeit erfordert und auch längere Zeit in Anspruch nimmt, da man begreiflicher Weise Gemische, welche ein so hohe Entzündlichkeit besitzen, keiner höheren Temperatur aussetzen darf.

Es giebt jedoch ein ausgezeichnetes Mittel, Feuerwerkssätze bei gewöhnlicher Temperatur ohne Anwendung von Wärme vollständig auszutrocknen.

Dieses Mittel beruht auf der Eigenschaft der Schwefelsäure, Wasser mit solcher Begierde an sich zu ziehen, daß sie anderen selbst sehr hygroskopischen Substanzen dennoch das ihnen anhaftende Wasser zu entziehen vermag.

Digitized by Google

Wir haben einen Apparat construirt, welcher gestattet, selbst große Mengen von Feuerwerkssätzen ohne Anwendung von Wärme zu trocknen, und welchen wir allen Pyrotechnikern auf das angelegentlichste empfehlen, da seine Benützung so gut wie gar keine Kosten verursacht, indem man die zu derselben verwendete Schwefelsäure zu allen Zwecken benützen kann, zu welchen sie überhaupt gebraucht wird.

Der Apparat besteht seinen Theilen nach aus einem hölzernen Bottich von beliebiger Größe. Der Rand dieses Bottiches ist oben glatt abgeschnitten und mit Kautschuk belegt. Ein schwerer Deckel, welcher außerdem noch durch Steine belastet wird, paßt auf diesen Bottich und schließt denselben durch den Kautschukbelag luftdicht ab. Auf den Boden des Bottiches stellt man ein oder mehrere gewöhnliche Waschbecken aus Porzellan und gießt in dieselben so viel concentrirte englische Schwefelsäure, daß die Flüssigkeit etwa bis zu ein Drittel der Höhe der Becken reicht. Ueber den Waschbecken sind an der Wand des Bottiches mehrere Stützen befestigt, auf die man einen sogenannten falschen Boden, in welchem einige Löcher angebracht sind, legt.

Der Raum über diesem falschen Boden wird nun mit hygroskopischen Feuerwerkssätzen oder mit fertigen Objecten ausgefüllt, der Deckel aufgelegt, beschwert und das Ganze durch einige Tage sich selbst überlassen. Nach Verlauf dieser Zeit ist alles vollkommen ausgetrocknet. Man kann den Apparat neuerdings beschicken, muß aber von Zeit zu Zeit den falschen Boden aufheben, um nach dem Stande der Flüssigkeit in den Waschbecken zu sehen.

Die Schwefelsäure entzieht nämlich, wie erwähnt, den in dem Bottich befindlichen Gegenständen Wasser und vergrößert in Folge dessen ihr eigenes Volumen; nach Verlauf

Digitized by Google

einiger Zeit würde die Flüssigkeit in den Waschbecken so viel geworden sein, daß sie überlaufen würde. — Sind die Gefäße nahezu voll, so entfernt man die verdünnte Säure und bringt wieder concentrirte Säure in dieselben.

Wie schon eine Vergleichung der in den früheren Abschnitten dieses Werkes angeführten Vorschriften zur Anfertigung von Feuerwerkssätzen ergiebt, unterscheiden sich viele derselben anscheinend nur unwesentlich von einander; es sind dieselben Substanzen vorhanden, nur die Mengen derselben zeigen gewisse Abweichungen. So gering auch diese Verschiedenheiten den Zahlen nach erscheinen mögen, sind sie doch für die Wirkung des Satzes von hoher Bedeutung; ja es wird mancher Satz für gewisse Zwecke ganz unbrauchbar, wenn man das Mengenverhältniß nur etwas abändert.

Hat man übrigens einen Satz für gewisse Zwecke als unbrauchbar erkannt, so ist es oft möglich, durch kleine Abänderungen in der Zusammensetzung denselben in einen äußerst wirksamen zu verwandeln. Die Eigenschaften, welche einen Satz unbrauchbar erscheinen lassen, können die folgenden sein: Der Satz brennt entweder zu langsam oder zu schnell ab, oder er entwickelt die Farbe nicht in der gehörigen Stärke.

Das zu langsame Abbrennen eines Satzes wird dadurch bedingt, daß das Verhältniß zwischen den Sauerstoff liefernden Körpern — diese sind der Salpeter oder das Kalium-Chlorat — und jenen Substanzen, welche verbrannt werden sollen — das sind Schwefel, Kohle oder Harz — insofern ein ungünstiges ist, daß in einem gegebenem Momente, jenem des Abbrennens, zu wenig Sauerstoff auf einmal frei wird und in Folge dessen das Verbrennen träge vor sich geht.

Digitized by Google

Um diesem Uebelstande, dem sogenannten Faulsein des Satzes, abzuhelfen, genügt es, die Menge des Salpeters oder Kalium-Chlorates auf das entsprechende Maß zu erhöhen. Um aber hier einen richtigen Vorgang einzuhalten, beobachte man den Kunstgriff, die Vermehrung dieser Stoffe nach einem bestimmten Verhältnisse vorzunehmen. Man wäge z. B. ein Kilogramm des Satzes ab, den man in 20 gleiche Theile (jeden mit 50 Gramm theilt) und setze diesem von 1 zu 1 Gramm Salpeter oder Kalium-Chlorat zu.

Beim Abbrennen solcher Sätze wird man leicht durch Vergleichung ermitteln können, welcher Satz noch zu träge abbrennt und welcher ein zu rasches Feuer giebt; der in der Mitte zwischen beiden liegende wird die richtige Zusammensetzung besitzen. Eine einfache Rechnung wird sodann ergeben, auf welche Weise man das Verhältniß der Substanzen gegeneinander abzuändern hat.

Bei zu rasch abbrennenden Sätzen findet das entgegengesetzte Verhältniß wie bei jenen statt, welche zu langsam abbrennen: es ist Sauerstoff in Ueberschuß. Man hat in diesem Falle blos nothwendig, die Menge der Kohle und des Schwefels zu erhöhen, um die zu rasche Verbrennung zu verringern.

Wenn es sich jedoch darum handelt, Sätze, welche mit farbigem Feuer abbrennen, zu schwächen, so muß man bedenken, daß durch die Vermehrung der Kohlen- und Schwefelmenge eine relative Verringerung der die Flamme färbenden Substanzen eintritt, was ein Schwächerwerden der Farbe zur Folge hätte; man muß also auch von dem färbenden Körper zusetzen, wenn es sich darum handelt, die Farbe in ihrer Intensität zu erhalten.

Zeigt sich endlich die Färbung eines Satzes zu wenig kräftig, so kann dies davon herrühren, daß die Verbrennungs-

Digitized by Google

temperatur des Satzes nicht hoch genug ist, um die Verflüchtigung der färbenden Körper in genügender Weise herbei zu führen. Es sei hier bemerkt, daß gerade die häufig gebrauchten Baryum- und Strontiumverbindungen und in noch höherem Grade die Calciumverbindungen geringe Flüchtigkeit besitzen.

In diesem Falle muß man die Mengen der färbenden Körper vergrößern oder dem Satze Kalium-Chlorat und Schwefel, welche beim Verbrennen eine sehr hohe Temperatur entwickeln, zusetzen.

Wenn es sich darum handelt, einen Feuerwerkssatz, dessen Zusammensetzung man nicht kennt, nachzuahmen, so bleibt kein anderer Weg übrig, als eine Probe desselben einem tüchtigen Chemiker zur analytischen Prüfung zu übergeben. Dieser mittelt die Zusammensetzung des Satzes nach Percenten aus und man kann den Satz unmittelbar nach den gefundenen aus den Materialien zusammensetzen oder auf einfache Weise aus der Analyse berechnen, welche Menge von Schießpulver man mit den färbenden Körpern unter Zusatz von Schwefel, Kohle oder Kalium-Chlorat zu mischen hat, um einen Satz von gleichen Eigenschaften zu erhalten.

XXVIII.

Vorschriften zur Bereitung einiger wichtiger Feuerwerkssätze.

Die nachfolgenden Vorschriften mögen als Ergänzung und zur Vergleichung mit den schon angegebenen dienen; wir haben dieselben aus einer sehr großen Anzahl von

Digitized by Google

Vorschriften, welche sich in zahlreichen pyrotechnischen Werken verstreut vorfinden, gesammelt und geprüft. Es wurden in diese Zusammenstellung überhaupt nur solche Vorschriften aufgenommen, welche stets ein günstiges Resultat gaben.

A. Leuchtfeuer für Flammen von intensiver Färbung.

Weiß.	I.	II.
Salpeter	70	80
Schwefel	30	25
Pulvermehl	38	0
Schwefelantimon	5	0
Kohle	0	2,5

Gelb.		Roth.	
Salpeter	60	Kalium-Chlorat	30
Natron-Salpeter	10	Strontium-Nitrat	45
Schwefel	22	Schwefel	18
Kohle	4	Schwefelantimon	6
		Kohle	2

Grün.		Blau.	
Kalium-Chlorat	30	Kalium-Chlorat	50
Baryum-Nitrat	50	Kupfer-Nitrat	25
Schwefel	10	Schwefel	5
Kohle	6	Kohle	15

B. Leuchtkugel- und Sternsätze.

Weiße.	I.	II.	III.
Salpeter	7	9,5	0
Kalium-Chlorat	0	0	8
Schwefel	1,5	3,2	0,5

Digitized by Google

Schwefelantimon	0	2,2	8
Bleinitrat	0	0	0
Realgar	1	0	0
Harz	0,1	0,2	0
Antimonmetall	1	0,5	0

Gelb.	I.	II.	III.
Natron-Salpeter	8,5	0	0
Natrium-Oxalat	0	2,5	3
Kalium-Chlorat	0	0	0
Kali-Salpeter	0	10	10
Schwefel	2,5	2,5	3
Schwefelantimon	1,2	0	0
Kohle	1,2	0	0,5
Harz	0	0	0

Roth.	I.	II.	III.
Strontium-Nitrat	16	12	4
Kalium-Chlorat	8	9	5
Schwefel	6	0	0
Schwefelantimon	4	0	0
Salpeter	2	1	26
Kohle	1	0	2
Ruß	0	2	2

Grün.	I.	II.	III.
Baryum-Nitrat	8	20	18
Kalium-Chlorat	4	10	10
Schwefel	3	6	5
Schwefelantimon	1,5	0	0

Digitized by Google

Calomel	0	6	0
Ruß	1	0	1
Harz	0	1	0

Blau.	I.	II.	III.
Kupfer-Carbonat	40	30	0
Kupferspäne	0	4	0
Kalium-Chlorat	60	40	30
Schwefel	25	20	12
Kalomel	5	10	15
Kohle	1	2	1

Violette.	I.	II.	III.
Kupfer-Carbonat	10	5	0
Strontium-Nitrat	42	18	4
Kupferspäne	0	0	3
Kalium-Chlorat	80	40	4
Schwefel	50	30	2,5
Calomel	10	0	0
Harz	5	0	1

C. Funken- und Brillantsätze.

Weiße.	I.	II.
Salpeter	6	8
Schwefel	1,5	2
Kohlenkörner	2	4

	Roth.	Grün.	Blau.
Pulvermehl	30	30	30
Salpeter	25	25	25
Schwefel	6	6	4

Digitized by Google

Kohle	6	6	4
Eisenspäne	10	0	0
Zinkspäne	0	0	10
Kupferspäne	0	8	0

D. Raketensätze.

Pulvermehl	40	0	30
Salpeter	0	48	60
Schwefel	0	12	24
Kohle	15	25	30

E. Bengalische Weingeistflammen.

Zur Herstellung dieser Flammen, welche man in Urnen, Ampeln oder fackelförmigen Behältern brennt, reibt man einen dicken, aus ungesponnener Baumwolle verfertigten Docht mit einer die Flamme färbenden Substanz stark ein und löst in dem zu verwendenden Weingeist von dieser Substanz so viel auf, als sich zu lösen vermag.

Man verwendet für Gelb Natronsalpeter, für Roth Strontiumnitrat, für Grün Baryumnitrat oder Borsäure, für Blau Kupferammonnitrat und für weißliches, fahles Licht sehr fein gepulvertes Antimonmetall, mit welchem man den Docht einstaubt.

Digitized by Google

XXIX.

Die Anlage eines Feuerwerks-Laboratoriums.

Für jene Pyrotechniker, welche die Herstellung der Feuerwerksobjecte geschäftsmäßig betreiben wollen, ist es von großer Wichtigkeit, ein entsprechend eingerichtetes Locale für die Zwecke ihrer Fabrikation zur Verfügung zu haben, indem sie hierdurch eine außerordentliche Vereinfachung der verschiedenen Arbeiten ermöglichen können. In großen Städten ist es aus begreiflichen Gründen sehr schwierig, die Concession zur Errichtung einer Fabrik von Feuerwerkskörpern zu erlangen, indem man ein Geschäft, welches wie das unsere immer eine gewisse Gefahr mit sich bringt, nicht gerne in der Stadt selbst ausüben sieht.

Jener Pyrotechniker, welcher sich ein eigenes Laboratorium einrichten will, wird daher gut thun, dasselbe an einem Orte zu errichten, an welchem er von den Nachbarn unbehelligt bleibt; am geeignetsten dürfte hierzu offenbar die ganz isolirte Lage des Laboratoriums sein.

Das Feuerwerks-Laboratorium soll so eingerichtet sein, daß es im Falle einer Explosion oder eines Brandes nicht ganz zerstört wird. Eine Explosion wirkt um so heftiger, je größer der Widerstand ist, welcher sich dem explodirenden Körper entgegen stellt; aus diesem Grunde erscheint es am zweckmäßigsten, die Fensteröffnungen möglichst groß zu machen und dem Dache eine leichte Construction zu geben. Das Gebäude sollte daher ein ebenerdiges sein, auf welches

Digitized by Google

unmittelbar das Dach aufgesetzt wird. Letzteres soll mit gut getheerter Leinwand überzogen sein.

Es braucht nicht erst besonders erwähnt zu werden, daß eine derartige Bedachung sehr feuergefährlich ist; es giebt aber Mittel, um derselben die Feuergefährlichkeit zu benehmen und sie geradezu unverbrennlich zu machen.

Wenn man die Leinwand, nachdem sie getheert wurde, tüchtig mit Wasserglaslösung überstreicht und diesen Anstrich mehrere Male wiederholt, so wird die Leinwand hierdurch unverbrennlich; wenn man ein Stück derselben in's Feuer legt, so brennt der Theerüberzug rasch ab, die Leinwand aber verwandelt sich selbst erst in starker Hitze in Kohle, ohne jedoch im eigentlichen Sinne des Wortes zu brennen. Anstatt Leinwand kann man auch die sogenannte Dachpappe zum Eindecken des Daches nehmen und auf gleiche Weise durch Behandlung mit Wasserglas unverbrennlich machen.

Auf dieselbe Art behandelt man alles Holzwerk in der ganzen Fabrik, jene Holzgeräthe selbstverständlich ausgenommen, welche zur Anfertigung der Feuerwerkskörper selbst gebraucht werden. Dachsparren, Fensterrahmen u. s. w., welche mit diesem Anstrich auf entsprechende Weise versehen werden, brennen nie mit Flamme, das Holz verträgt vielmehr einen sehr bedeutenden Hitzegrad, ohne eigentlich zu verkohlen. Will man dem Holzwerke irgend einen Anstrich geben, so wähle man hierzu eine Erdfarbe, welche mit Wasserglas auf dieselbe Weise verrührt wird, wie man gewöhnliche Anstrichfarben mit Firniß verrührt und gebe einen zweimaligen Anstrich, den man schließlich mit einer Firnißschichte, aus dicker Wasserglaslösung bestehend, versieht. Der Ueberzug des Holzes mit einem derartigen Anstrich wirkt nicht nur schützend gegen die Gefahr des Verbrennens, sondern auch überhaupt conservirend auf das Holz ein. Für

Digitized by Google

Pyrotechniker, welche Pfähle und Gerüste durch längere Zeit im Freien stehen haben, empfiehlt es sich, das gesammte Holzwerk auf dieselbe Weise zu behandeln. Daß man durch einen derartigen Anstrich auch im Stande ist, jene Holzkörper, welche zur unmittelbaren Herstellung von Feuerwerksobjecten dienen, wie die Kreuze für drehende Objecte, Sterne für Leuchtfeuer und andere mehr vor dem Verbrennen zu schützen, ist selbstverständlich.

Nach ihrer Bestimmung kann man das für die Feuerwerks-Laboratorium nothwendigen Räume in zwei Abtheilungen trennen: in solche Localitäten, in denen die Feuerwerkspräparate und Feuerwerkskörper hergestellt werden, und in Räume, in denen die nöthigen mechanischen Hilfsarbeiten ausgeführt werden, in welchen man die Hülsen formt, die zur Ausfüllung der Objecte dienenden Tischlerarbeiten ausführt u. s. w.

Während die letztgenannten Räume keine besonderen Vorsichtsmaßregeln fordern, da sie eigentlich aus einer Buchbinder- und Tischlerwerkstätte gebildet werden, muß in jenen Räumen, in welchen die Feuerwerksobjecte dargestellt werden, die größte Vorsicht (nothwendiger Weise schon aus Rücksicht für die Sicherheit der Arbeiter selbst) beobachtet werden. In diesen Räumen darf nie geraucht werden, noch soll man dieselben mit Stiefeln betreten; der Druck eines mit eisernen Nägeln versehenen Stiefelabsatzes kann hinreichend sein, um die zufälliger Weise verstreuten kleinen Mengen eines Satzes zur Explosion zu bringen.

Da die eigentliche Arbeitszeit des Pyrotechnikers der Winter ist, in welcher er seinen Bedarf an Feuerwerkskörpern für den Sommer anfertigt, so muß auch für eine entsprechende Heizung der Arbeitsräume Sorge getragen werden, was außerdem um so wichtiger ist, als man ja

Digitized by Google

auch der warmen Luft zum Austrocknen von Hülsen, Sätzen und geladenen Hülsen bedarf.

Die Anwendung von Heizvorrichtungen mit unmittelbarer Feuerung im Zimmer selbst, ist offenbar von vornherein in einem Lokale ausgeschlossen, in welchem Staub von explosiven Körpern in die Luft gelangt. Man muß daher eine eigene Heizkammer anlegen, und die warme Luft durch passende Röhrenleitungen in die einzelnen Räume führen. Die ganze Heizeinrichtung wird daher in einem für sich vollständig abgeschlossenen Raume aufzustellen sein, der aber mit Rücksicht auf die Feuersicherheit gewölbt sein soll.

Als Heizraum kann man recht zweckmäßig jenes Gemach verwenden, in welchem überhaupt freies Feuer vorhanden sein muß, welches zum Zwecke des Kleisterkochens und zur Bereitung gewisser chemischer Präparate unentbehrlich ist. Neben dem Heizraume sei die Trockenkammer angebracht, in welcher an stark gespannten Schnüren die neu angefertigten Hülsen und auch die fertig gemachten Objecte zum Trocknen aufgehängt werden.

An diese beiden Räume soll sich das Gemach anschließen, in welchem die Hülsen geladen werden; an dieses der Raum in dem die Sätze bereitet werden; und an diesen anstoßend das Gemach, welches zur Aufbewahrung von Chemikalien und fertiger Sätze dient. Wegen der Gefahr, welche letztere in sich schließen, da sie explosive Körper sind, erscheint es angezeigt, sie von der Materialkammer, in welcher nebst den Chemikalien recht gut Papier, Nägel, Draht und verschiedene andere nicht feuergefährliche Gegenstände ihren Platz finden können, getrennt aufzubewahren.

Den Raum, welcher zur Aufbewahrung des Schießpulvers dient, muß man unbedingt ganz feuersicher einrichten; am besten ist es hierzu einen gewölbten Keller zu

Digitized by Google

verwenden, der unmittelbar unter dem Laboratoriumsgebäude liegt, mit einer steinernen Treppe und einer starken eisernen Fallthür versehen ist. Die Kellerfenster sollen ebenfalls durch starke Eisenthüren schließbar sein, müssen aber so viel Licht geben, daß man deutlich sieht; eine Kerze oder Lampe darf nie in diesen Raum gebracht werden.

Da die Luft in einem Kellerraume beständig feucht ist, so würde dies nachtheilig auf das Schießpulver, noch mehr aber auf die Wasser anziehenden Feuerwerkssätze wirken. Man kann sowohl das Pulver, als auch die Feuerwerksobjecte dadurch vollständig vor dem Feuchtwerden schützen, daß man sie, wie wir schon erwähnt haben, in Kästen aufbewahrt, die mit gefirnißtem Papier ausgeschlagen sind, oder Blechgefäße zu ihrer Aufbewahrung verwendet.

Nach dem, was wir über die Vertheilung der Arbeitsräume angeführt haben, ergiebt sich, daß ein Feuerwerks-Laboratorium ein ziemlich ausgedehnter Bau werden wird, wenn man alle jene Vorsichtsmaßregeln einhält, welche Schutz gegen Unglücksfälle gewähren können. Bei fabriksmäßigem Betriebe sollte man die Kosten einer derartigen Anlage nicht scheuen. Anders verhält es sich freilich mit den Arbeitsräumen mancher Pyrotechniker, die nur im Kleinen arbeiten, und bei welchen das ganze Laboratorium in einem Zimmer untergebracht wird.

Es ist zwar möglich, eine ganz ansehnliche Quantität von Feuerwerkskörpern im Laufe eines Winters auch nur bei Benützung eines Gemaches als Arbeitsraum herzustellen, aber es ist hierbei die strengste Vorsicht nothwendig und sollte jedenfalls bei dieser beschränkten Fabrikation eine bestimmte Reihenfolge in den Arbeiten festgehalten werden.

Sachgemäß wird man, nachdem man das Quantum der herzustellenden Feuerwerksobjecte festgestellt hat, mit der

Digitized by Google

Anfertigung der Hülsen beginnen, auf welche die Bereitung der Sätze und Stoppinen zu folgen hat; das Laden der Hülsen und das vollkommene Adjustiren bildet den Schluß der Arbeit; die fertigen Feuerwerksobjecte müssen selbstverständlich in guter Verwahrung gehalten werden.

Der Pyrotechniker, welcher sein Geschäft genau kennt, weiß ganz wohl, mit welch' gefährlichen Körpern er es zu thun hat und wird im eigenen Interesse die größte bis zur pedantischen Strenge gehende Sorgfalt in der Behandlung derselben beobachten. Thut er dies, so wird die ganze Fabrikation eigentlich gefahrlos, denn nur Unkenntniß der Gefahr oder Spielen mit derselben, wie es nur zu häufig bei unintelligenten Arbeitern vorkommt, führen die Gefahr und ihre oft unberechenbaren Folgen herbei.

N. Y. Free Circulating Library.
BRUCE BRANCH,
226 West 42nd St.

Digitized by Google

Durch alle Buchhandlungen zu beziehen:

A. Hartleben's Chemisch-technische Bibliothek.

I. Band. **Die Ausbrüche, Secte und Südweine.** Vollständige Anleitung zur Bereitung aller Gattungen Ausbrüche, Secte, spanischer, französischer, italienischer, griechischer, ungarischer, afrikanischer und asiatischer Weine und Ausbruchweine, nebst einem Anhange, enthaltend die Bereitung der Strohweine, Rosinen-, Hefen-, Kunst- und Obstweine. Auf Grundlage langjähriger Erfahrungen ausführlich und leichtfaßlich geschildert von **Karl Maier.** Mit erläut. Abbildungen. 10 Bogen 8. Eleg. geh. 1 fl. 20 kr. ö. W. = 2 M. 25 Pf.

II. Band. **Populäres Handbuch der Spiritus- und Preßhefen-Fabrikation.** Vollständige Anleitung zur Erzeugung von Spiritus aus Kukuruz, Korn, Gerste, Hafer, Hirse, Kartoffeln und Melasse; von Preßhefe nach alter Methode aus Kukuruz, Korn und Gerste; von Preßhefe nach neuer Methode aus allen Getreidesorten und Kartoffeln (eigene Erfindung des Verfassers). Auf Grundlage mehrjähriger Erfahrung ausführlich und leichtfaßlich geschildert von **Alois Schönberg,** chem.-techn. Brennereileiter. Mit erläuternden Abbildungen. 11 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 20 kr. ö. W. = 2 M. 25 Pf.

III. Band. **Die Liqueur-Fabrikation.** Vollständige Anleitung zur Herstellung aller Gattungen von Liqueuren, Crêmes, Huiles, gewöhnlicher Liqueure, Aquavite, Fruchtbranntweine (Katafias), des Rumes, Arracs, Cognacs, der Punsch-Essenzen und gebrannten Wässer auf warmem und kaltem Wege, sowie der zur Liqueur-Fabrikation verwendeten ätherischen Oele, Tincturen, Essenzen, aromatischen Wässer und Farbestoffe. Nebst einer großen Anzahl der besten Vorschriften zur Bereitung aller Gattungen von Liqueuren, Bitter-Liqueuren, Aquaviten, Punsch-Essenzen, Arrac, Rum und Cognac. Mit Rücksicht auf die Fabrikation im Großen und Kleinen und auf Grundlage eigener Erfahrungen praktisch geschildert von **August Gaber,** geprüfter Chemiker u. prakt. Destillateur. Mit 12 Abbildungen. 24 Bogen. 8. Elegant geb. 2 fl. 50 kr. ö. W. = 4 M. 50 Pf.

IV. Band. **Die Parfumerie-Fabrikation.** Vollständige Anleitung zur Darstellung aller Taschentuch-Parfums, Riechsalze, Riechpulver, Räucherwerk, aller Mittel zur Pflege der Haut, des Mundes und der Haare, der Schminken, Haarfärbemittel und aller in der Toilettekunst verwendeten Präparate, nebst einer ausführlichen Schilderung der Riechstoffe, deren Wesen, Prüfung und Gewinnung im Großen. Auf Grundlage eigener Erfahrungen veröffentlicht von Dr. chem. **George William Askinson,** Parfum-Fabrikant. Mit 15 Abbildungen. 23 Bog. 8. Elegant geh. 2 fl. 50 kr. ö. W. = 4 M. 50 Pf.

V. Band. **Die Seifenfabrikation.** Handbuch für Praktiker. Enthaltend die vollständige Anleitung zur Darstellung aller Arten von Seifen im Kleinen wie im Fabriks-Betriebe, mit besonderer Rücksichtnahme auf warme und kalte Verseifung und die Fabrikation von Luxus- und medicinischen Seifen von **Friedrich Wiltner,** Seifen-Fabrikant. Mit erläuternden Abbildungen. 13 Bog. 8. Elegant geh. 1 fl. 65 kr. ö. W. = 3 M.

VI. Band. **Die Bierbrauerei und die Malzextract-Fabrikation.** Eine Darstellung aller in den verschiedenen Ländern üblichen Braumethoden zur Bereitung aller Biersorten, sowie der Fabrikation des Malz-Extractes und der daraus herzustellenden Producte. Ein Handbuch für Brauerei-Besitzer, Brauerei-Leiter und Malzextract-Fabrikanten. Von **Hermann Rüdinger,** technischer Brauerei-Leiter. Mit 20 erläuternden Abbildungen. 29 Bog. 8. Elegant geh. 3 fl. 30 kr. ö. W. = 6 M.

VII. Band. **Die Zündwaaren-Fabrikation.** Anleitung zur Fabrikation von Zündhölzchen, Zündkerzchen, Cigarren-Zünder und Zündlunten, der Fabrikation der Zündwaaren mit Hilfe von amorphem Phosphor und gänzlich phosphorfreier Zündmassen, sowie der Fabrikation des gewöhnlichen und amorphen Phosphors. In leicht faßlicher Weise für den Groß- und Kleinbetrieb bearbeitet von **Josef Freitag.** Mit 14 erläuternden Abbildungen. 10 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 35 kr. ö. W. = 2 M. 50 Pf.

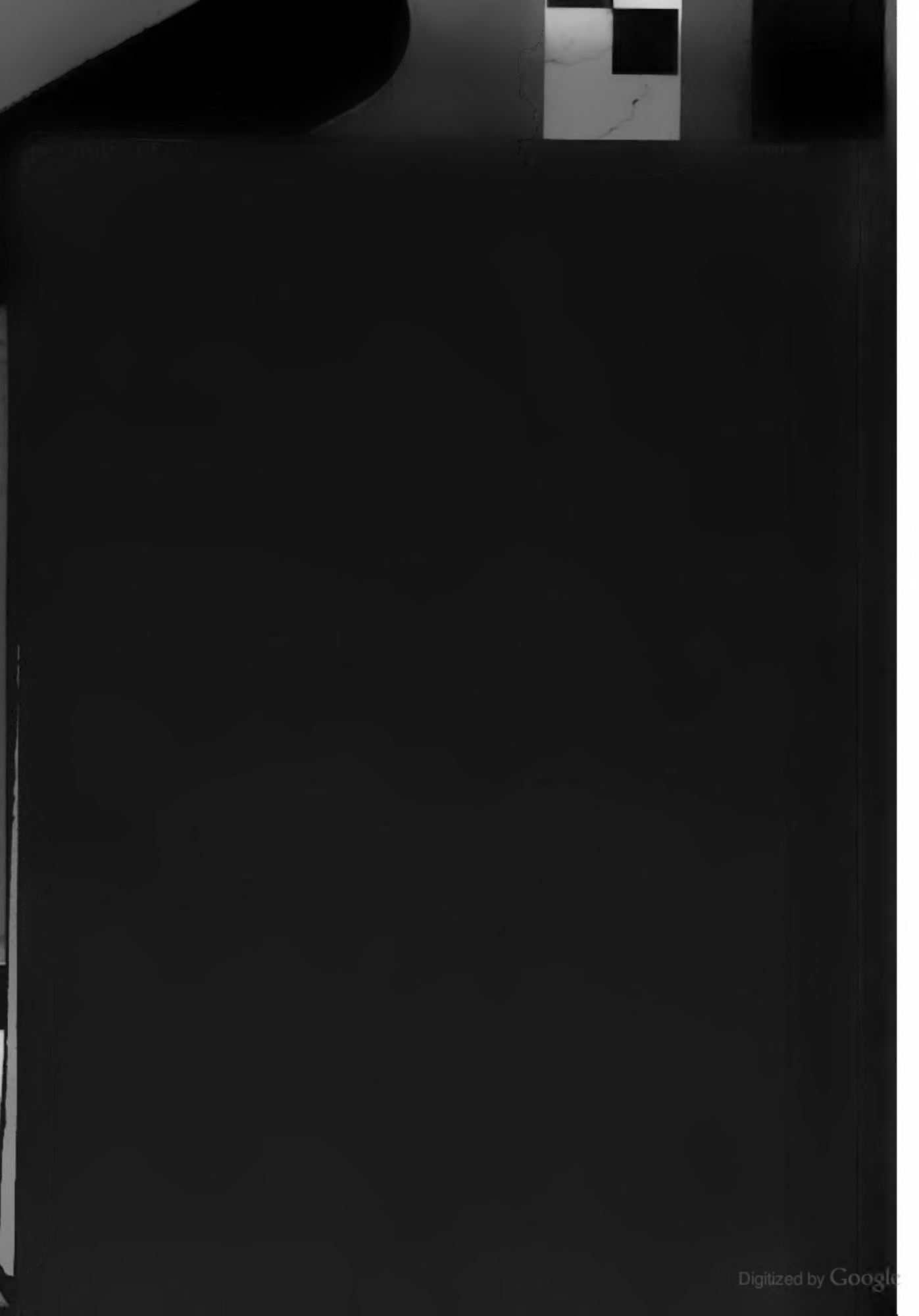
VIII. Band. **Die Beleuchtungsstoffe und deren Fabrikation.** Eine Darstellung aller zur Beleuchtung verwendeten Materialien thierischen und pflanzlichen Ursprungs, des Petroleums, des Stearins, der Theeröle und des Paraffins. Enthaltend die Schilderung ihrer Eigenschaften, ihrer Reinigung und praktischen Prüfung in Bezug auf ihre Reinheit und Leuchtkraft, nebst einem Anhange über die Verwerthung der sehr flüchtigen Kohlenwasserstoffe zur Lampenbeleuchtung und Gasbeleuchtung im Hause, Fabriken und öffentlichen Localen. Ein Handbuch für Fabrikanten, Händler von Leuchtmaterialien, Kaufleute und Hauswirthe. Von **Eduard Perl,** technischer Chemiker. Mit 10 Abbildungen. 9 Bogen 8. Eleg. geh. 1 fl. 10 kr. ö. W. = 2 M.

IX. Band. **Die Fabrikation der Lacke, Firnisse und des Siegellackes.** Handbuch für Praktiker. Enthaltend die ausführliche Beschreibung zur Darstellung aller flüchtigen (geistigen) und fetten Firnisse, Lacke und Siccatife, sowie die vollständige Anleitung zur Fabrikation des Siegellackes und Siegelwachses von den feinsten bis zu den gewöhnlichen Sorten. Leichtfaßlich geschildert von **Erwin Andres,** Lack- und Firniß-Fabrikant. Mit 10 erläut. Abbild. 11 Bogen. 8. Eleg. geh. 1 fl. 10 kr. ö. W. = 2 M.

X. Band. **Die Essig-Fabrikation.** Eine Darstellung der Essigfabrikation nach den älteren und neueren Verfahrungsweisen, der Schnell-Essigfabrikation, der Bereitung von Eisessig und reiner Essigsäure aus Holzessig, sowie der Fabrikation des Wein-, Trestern-, Malz-, Biereſſigs und der aromatisirten Essigsorten, nebst der praktischen Prüfung des Essigs. Von **Dr. Josef Bersch.** Mit 15 Abbildungen. 14 Bogen. 8. Eleg. geh. 1 fl. 65 kr. ö. W. = 3 M.

BD SEP 25 1913

Digitized by Google


Digitized by Google

d by Google

Digitized by Google